

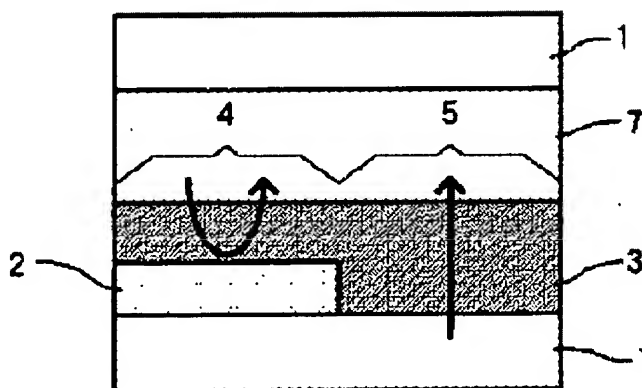
# SEMI-TRANSMISSION TYPE LIQUID CRYSTAL DISPLAY PANEL AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

**Patent number:** JP2001281648  
**Publication date:** 2001-10-10  
**Inventor:** NAKAGI KENICHI  
**Applicant:** OPTREX KK  
**Classification:**  
- **international:** G02F1/1335; G02F1/13; (IPC1-7): G02F1/1335; G02B5/20; G09F9/30  
- **europaen:** G02B5/20A; G02F1/1335F2; G02F1/1335R2  
**Application number:** JP20000098919 20000331  
**Priority number(s):** JP20000098919 20000331

Report a data error here

## Abstract of JP2001281648

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semi-transmission type liquid crystal display panel and a method for manufacturing the display panel in which the appearance of color images is made identical through both regions of the reflection region and the transmission region, by improving the color characteristics in both of the regions and the liquid crystal layer gap in the reflection region and in the transmission region can be maintained uniform. **SOLUTION:** The thickness of a color filter layer 3 in the transmission region 5 within a single dot is made larger than the thickness of the color filter layer 3 in the reflection region 4.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-071938

(43)Date of publication of application : 12.03.2002

(51)Int.Cl.

G02B 5/20  
G02F 1/1335

(21)Application number : 2001-048283

(71)Applicant : TORAY IND INC

(22)Date of filing : 23.02.2001

(72)Inventor : SUZUKI AKIRA  
YAMASHITA TETSUO  
AKAMATSU TAKAYOSHI  
TSUKAMOTO JUN

(30)Priority

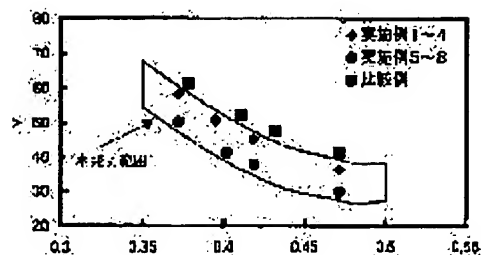
Priority number : 2000179475 Priority date : 15.06.2000 Priority country : JP

## (54) COLOR FILTER AND LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a color filter capable of improving the color balance in a white display, and a liquid crystal display device using the same, especially a reflective or a semitransmissive-semireflective liquid crystal display device.

SOLUTION: The color filter is characterized by containing red pixels of which the chromaticity coordinate (x, y) in the XYZ colorimetric system chromaticity diagram satisfies inequalities  $4816x^3-4855x^2+1294x+3>Y>4654x^3-4579x^2+1162x+9$  and  $0.350\leq x\leq 0.500$  under a condition of an illuminant C and 2° visual field.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

フラットパネル・ディスプレイ 1998

1997年12月22日発行

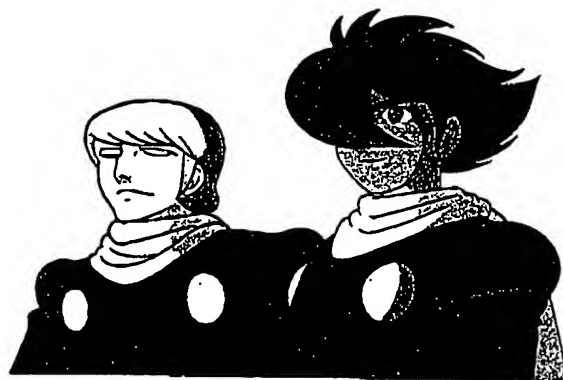
EPSON



夢の「省」技術。

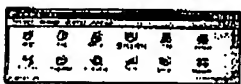
## サイボーグ003の 超ファインビューティだ。

可愛い美しさと繊細なハートを持つ紅一点の戦士、サイボーグ003。それは超ファインビューティのエプソン アクティブLCDと同じです。より美しいカラー表示をめざして、ひとクラス上の高画質・高精細を実現。さらにバックライトを不要としたD-TFDカラー反射技術。コンパクト設計を可能にするCOG技術などにより、低消費電力化、薄型軽量化を実現し、さまざまなモバイル情報端末の商品化をサポート。「省」の技術で、つぎの携帯情報機器の新たな世界を拓く。エプソンはエネルギーセービングです。



Copyright

# EPSON's DEVICE ACTIVE MATRIX LCD



D-TFD反射型カラー

鮮明なカラー表示と低パワー・薄型軽量化を実現する  
D-TFD(Digital Thin Film Diode)反射型カラーLCDモジュール  
**LB6SMHR** (開発中)

アクティブマトリクス方式による高コントラスト反射型パネルにより、明るい屋外でも鮮明なカラー表示が可能なD-TFD反射型カラーLCD。バックライト不要によりアプリケーションの低消費電力化、薄型化、軽量化を実現。さまざまな携帯情報端末に最適です。

●対角: 16.4cm (6.5型) ●ドット数: 640×RGB×240 ●表示色数: 512色  
●消費電力: 100mW (3V単一電源) ●コントラスト比: 10:1 ●半透過反射型に対応可能



LB28MC

LB20HR

高画質・高コントラストを実現する  
D-TFD(Digital Thin Film Diode)透過型カラーLCDモジュール  
**LB20HR/LB28MC Series**

アクティブマトリクス方式による高画質なカラー表示、高コントラストおよび高応答性を実現したD-TFD透過型カラーLCD。LB20HR/LB28MC Series。LCDドライバのCOG実装により狭領域化を実現。デジタルスチルカメラ(LB20HR)、カムコーダ/モニターや液晶TV(LB28MC)に最適です。

●対角: 5.0cm (2.0型) (LB20HR)、7.0cm (2.8型) (LB28MC) ●ドット数: 480×234 ●表示色数: 252,144色 ●コントラスト比: 150:1 ●輝度: 200cd/m<sup>2</sup> (LB20HR) 300cd/m<sup>2</sup> (LB28MC) ●アナログRGB対応



T13VM400

超小型で高密度・高画質なTFTフルカラーLCDモジュール  
**T13VM400**

アクティブマトリクス方式による高画質なカラー表示、高コントラストを実現したTFTフルカラーLCD。T13VM400。LCDドライバ内蔵により超小型で高密度・高画質を実現。単板式プロジェクトに最適です。

●対角: 3.4cm (1.3型) ●ドット数: 640×RGB×480 (縦ストライプ配列) ●表示色数: アナログフルカラー表示 ●コントラスト比: 100:1以上 ●VGA対応

## 夢をコラボレーション。

### セイコーエプソン株式会社

電子デバイス営業本部 〒191 東京都日野市日野421-8 ODビル TEL (042) 587-5291

※日野市ED営業本部 TEL (042) 587-5314 (※日野市ED大阪営業部 TEL (06) 350-4960 (※大阪・札幌) ED各営業部 TEL (052) 953-8031

(※長野) ED長野営業部 TEL (0266) 58-8171 (※東北) ED仙台営業部 TEL (022) 263-7976

(※資料請求番号) 4)

エプソンデバイスの電子カタログをぜひご覧ください。



3経BP社 〒102 東京都千代田区千代田2-7-6 印刷・大日本印刷株式会社

Printed in Japan

ISBN 4-8222-1314-5 定価12,500円 本体11,905円

## Part. 3-1

新市場開拓 (1)

### New Market Development (1)

## 量産始まる反射型TFTカラー液晶

シャープが製品化した反射型カラー液晶「スーパーモバイル液晶 (HR-TFT)」の技術の詳細を紹介する。スーパーモバイル液晶は四つの製法技術からなる。超高開口率を実現する「スーパーHA」構造、視差の無いクリアな表示と高い反射効率を実現する「MRS」技術、高コントラストの液晶表示モード、反射型専用最適化したカラー・フィルタ技術、の四つである。1999年にはスーパーモバイル液晶が、台数ベースで液晶全体の26%を占めると見る。

水嶋 繁光

シャープ 液晶実用開発本部液晶研究所第2開発部長

(「液晶ディスプレイ・セミナー97」の講演を日経マイクロデバイスにて要約)

シャープはモバイル性を最大限に活かす反射型液晶パネル、「スーパーモバイル液晶 (HR-TFT)」を開発した。従来の透過型TFT液晶は、消費電力、重量、厚さなどで満足できるものではなかった。これらを解決するために、バックライトの要らない反射型液晶パネルを開発した。

1997年の液晶市場規模は約8000億円だったが、ほとんどがノート・パソコン(PC)向けであった。また99年には液晶は約2倍近い市場規模になると予測しているが、これもデスクトップPC向け液晶モニターの市場が伸びるという期待からである。PCに過度に依存している液晶市場は裏返せばリスキーな市場と考えられ、非常に厳しい状況にあるといえる。このような流れを打ち切るために、スーパーモバイル

液晶を使った新たな市場を提案し、液晶市場の拡大を図っていききたい。

スーパーモバイル液晶は98年1月から商品化をスタートする。98年度に液晶全体の市場に占める台数比率は約7~8%、99年には約26%を想定している。特に携帯情報端末向けでは、35%以上を置き換えていけるだろう。

### スーパーモバイル液晶の特徴

バックライトが無いことで、次のように形態が大きく変わる。軽量化が図れる。重さを従来の約1/2に低減できる。薄型化できる。従来の6.5mmから約1/3の2.2mmにできる。1.8mmまでは可能だろう。低消費電力化が図れる。従来の1.4Wから約1/7の0.2W以下にできる。これら

の数値は6.5型(対角16cm)、640×240画素における値である。さらに、明るい周囲光に対する視認性が高い。パネル自体の消費電力が小さくなるから、電池が小さくて済む。セット全体をより軽く、薄くできる。さらに、このスーパーモバイル液晶は水銀を使っていないため、環境問題に貢献できる。

### スーパーモバイル液晶の技術

スーパーモバイル液晶は、主に次の四つの要素技術から構成されている。①「スーパーHA」構造、②「MRS (Micro Reflective Structure)」, ③高コントラストの液晶表示モード、④反射型専用の最適化カラー・フィルタ、である。この四つの相乗効果によって従来の反射型カラー液晶ディスプレイのイメージを変える高画質なディスプレイを実現できた。また、クリアな高画質な表示には視差を無くすることが不可欠である。

スーパーHA技術は、開口率を上げて明るくする技術である。MRS技術は、視差の無いクリアな表示を可能にする。視差があると二重画像や色の濁りが発生する。隣の色が滲み出てくるため、色純度が落ちる。また高い反射効率を実現する。通常の散乱板では偏光解消が起こったりするが、偏光解消を起こさずに十分な偏光状態を維持したまま、高い反射率を持たせ

表1 ●1枚偏光板方式を採用して表示色数と応答時間を高性能化  
1996年に開発したゲスト・ホスト方式の反射型液晶と性能を比較した。

ディスプレイの種類	1996年開発のゲスト・ホスト方式	1997年開発の1枚偏光板方式
画面対角寸法 (型) [cm]	6.5 [16.4]	6.5 [16.4]
画素数 (画素)	640×240	640×240
駆動法	アクティブ駆動	アクティブ駆動
表示色数 (色)	4096	26万
コントラスト	5:1	10:1
明るさ (%)	33	30
応答時間 (ms) オンとオフ	80	50
グレー・スケール	150	80
消費電力 (mW)	200	200

図1 ●スーパーモバイル液晶のパネル構造

超高開口率を実現するスーパーHA技術と、視差の無いクリアな表示と高い反射効率を実現するMRS技術を導入した。

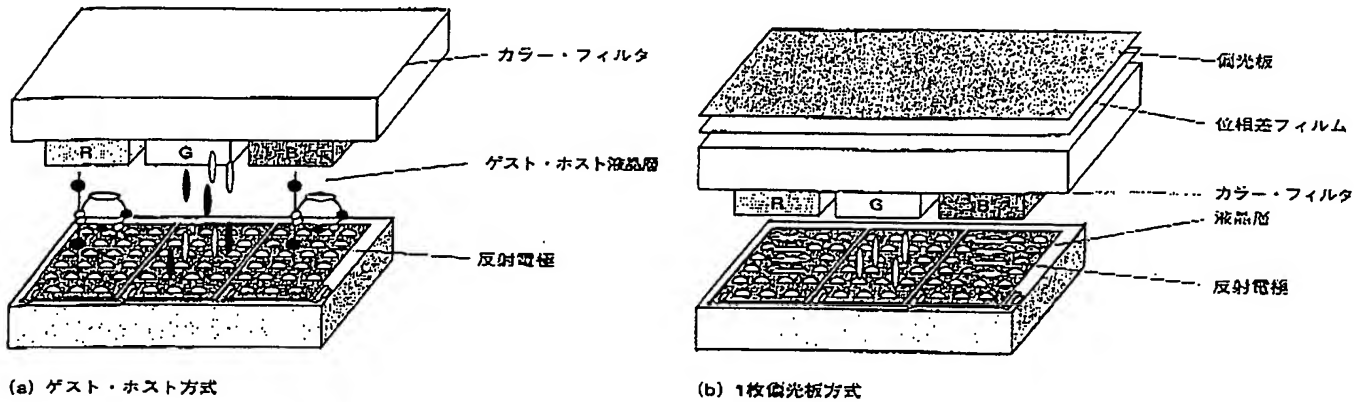


図2 ●スーパーHA構造

反射型液晶では、バス・ラインにも画素として使える。

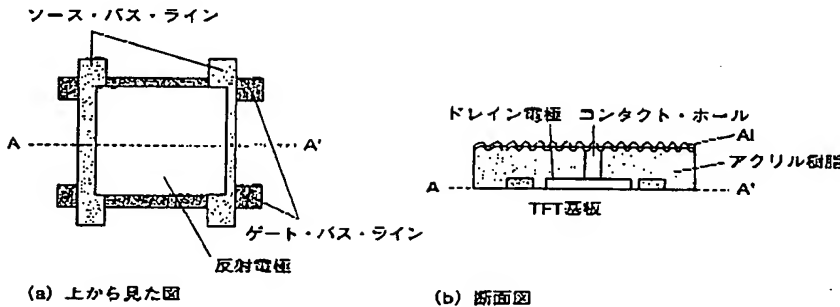
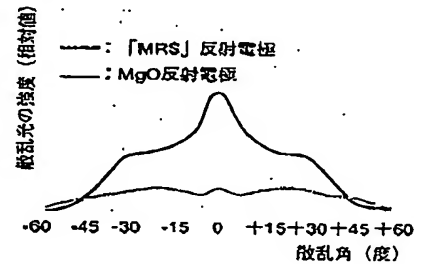


図3 ●反射電極の反射率の角度依存性

縦面方向における明るさと散乱角度を両立。



ることができる。

「HCR (High Contrast Reflection)」と呼ぶ高コントラストの液晶表示モードである1枚偏光板方式と、明るく見える方向を選ばないゲスト・ホスト方式を同時に開発した(図1)。この結果、高いコントラストと高速応答、26万色以上を表示する優れた階調表示特性を実現できた。カラー・フィルタは、コンピュータ・シミュレーションを駆使して最適化した。

#### 反射型で一層有効なスーパーHA構造

われわれはすでに数年前からスーパーHA構造を透過型液晶パネルで採用してき

た。従来のTFT液晶では、バス・ラインの中に画素電極を持っていた。従って、画素電極の面積を大きくして開口率を上げることが非常に難しかった。

スーパーHA構造は、バス・ラインの上に絶縁膜を介して画素電極をかぶせることによって開口部の面積を大きくした。透過型液晶では使えなかったバス・ラインにも反射型液晶なら使えるため、開口率はさらに向上する。バス・ライン上に有機の絶縁膜を介して画素電極を設けることから、非常に大きな開口部が取れる。

この効果を透過型液晶の場合で述べると、例えば12型級パネルの場合、従来構

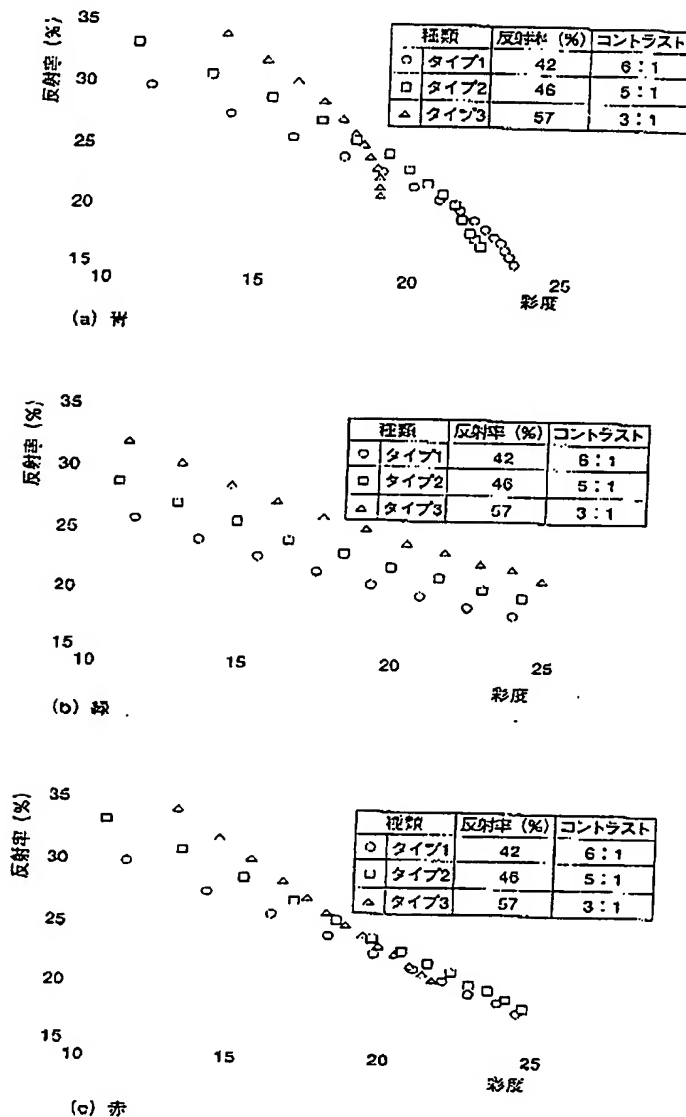
造では約60%の開口率だったが、スーパーHA構造では80%を大きく超えることができた。従って30%以上明るくなる。このスーパーHAを用いた反射型でも80%以上の開口率が得られた(図2)。

スーパーモバイル液晶はガラス基板の内側に反射板を設けている。セルの中で反射と散乱を両方兼ねる方法を採用した。この方式を採用した最大の理由は、視差が出ないことにある。

従来よく用いられる方法である反射板をガラス基板の外側に付けた場合、ガラスの厚みによる視差が発生し、二重画像の混色による色ボケが出てくる。もう一

# Part. 3-1

図4 ●ゲスト・ホスト方式における彩度と明るさの関係  
20%の透過率を確保する場合、タイプ2が最大の彩度を与える。



つ、反射機能をセル内に持ち表に散乱フィルムを持ってくる方法がある。しかしこの場合、前方散乱だけではなく後方散乱が必ず起こり、外光が強くなると、表面の細かいもりが画面全体にかぶってしまう現象が起こる。また視界も残像し、色ボ

ケが発生することから、クリアな表示が得られない。このような問題点を持つので、われわれはやはり理想を追い、散乱の機能もセルの中に持ち込んだ。これをMRS構造と呼んでいる。

画素電極一つ一つの表面に凹凸を付け、

ここで光を散乱させるという構造がMRS構造である。明るさと散乱角度をいかに両立するかというところで、最適化がされている。従って散乱特性を設計し、その散乱の特性をいかに表面に組み込むかが重要なポイントになる(図3)。表面の形状はコンピューター・シミュレーションですべて近いかけている。

## 1枚偏光板方式とゲスト・ホスト方式

1枚偏光板方式では、カラー・フィルタ、位相差板、偏光板を使う。直線偏光を入れて円偏光に変換して反射させ、液晶層のリタデーションを調節する中で、偏光方向を変換する方法である。一方、ゲスト・ホスト方式では偏光板が無い。色素の並んでいる方向によって、カラー・フィルタを通じた光の吸収、透過を制御し、スイッチングする方法である。

ゲスト・ホスト方式と1枚偏光板方式を比較する(表1)。1枚偏光板方式の方がコントラストに優れる半面、明るさではゲスト・ホスト方式が約10%明るい。応答速度は、色素を混ぜるゲスト・ホスト方式は少し粘度が上がるので、若干遅くなる。消費電力は変わらない。ゲスト・ホスト方式は、視野角は偏光板を用いる方式に比べれば非常に広い。視野角特性としては、ほとんど角度を選ばない表示ができる。それぞれの特徴をまとめると、ゲスト・ホスト方式は明るく視野角が広い。1枚偏光板方式はコントラストが高く、応答速度が速い。それぞれに適した用途展開があることから、両方を商品化する計画である。

ゲスト・ホスト方式の信頼性は、材料開発や液晶セル・パラメータの設計の中で十分考慮されている。現在では1枚偏光板方式とゲスト・ホスト方式の間に信頼性の差は感じられない。

## カラー・フィルタの最適設計

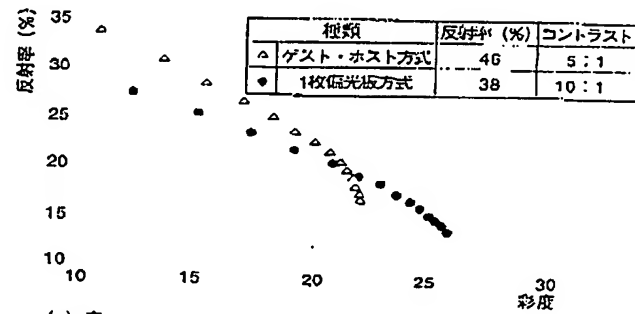
カラー・フィルタの色特性を最適化するための重要な要因が、液晶部分のコントラスト特性と遮光特性である。カラー・

# New Market Development (1)

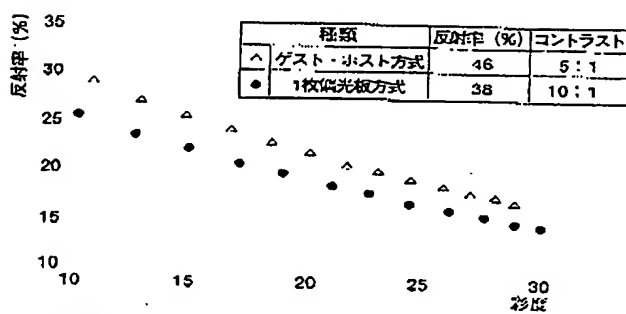
## 新市場開拓 (1)

図5 ● 1枚偏光板方式における彩度と明るさの関係

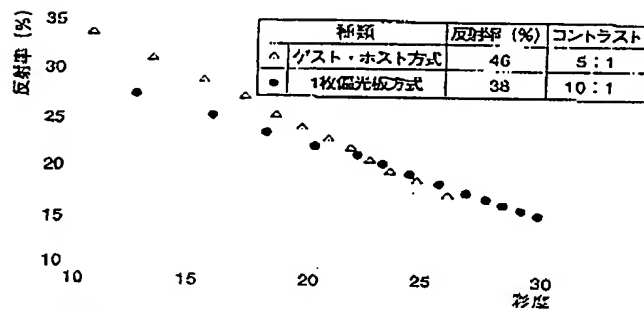
1枚偏光板方式のカラー・フィルタは、明るさよりも彩度を重視すべきことが分かる。



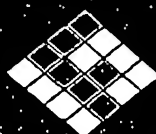
(a) 青



(b) 緑



(c) 赤



第9回

# ファインプロセス テクノロジー・ジャパン'99

## 専門技術セミナーテキスト

A5

### 反射型 LCD の最新技術展開

9th FINEPROCESS TECHNOLOGY JAPAN '99  
SHOW & CONFERENCE

## CONFERENCE PROCEEDINGS

会 期	1999年6月30日(水)～7月2日(金)
Date	June 30 (Wed.) ~ July 2 (Fri.) , 1999
会 場	東京ビッグサイト
Venue	Tokyo Big Sight
主 催	リード エグジビション ジャパン株式会社
Organized by	Reed Exhibitions Japan Ltd.

**第9回 ファインプロセス テクノロジー・ジャパン '99**

**A5**

**反射型 LCD の最新技術展開**

**1999年7月2日**

## 目次

---

### ◆スーパーモバイル液晶の新展開

**1**

シャープ(株)

液晶開発本部液晶研究所 第1開発部部長 水嶋 繁光

### ◆更なる低消費電力化・高画質化を追求する最新反射型LCD技術

**8**

セイコーエプソン(株)

LD技術開発センター 部長 飯野 聖一

### ◆反射型・半透過型カラーSTN液晶

**19**

シチズン時計(株)

表示機器部 部長 富樫 清吾

A5



## スーパーモバイル液晶の新展開

シャープ(株)  
液晶開発本部液晶研究所  
第1開発部部長  
**水嶋 繁光**

A-5

「反射型LCDの最新技術展開」

## スーパーモバイル液晶の新展開

シャープ株式会社

液晶開発本部 液晶研究所

第1開発部 部長

水嶋 繁光

### ◆はじめに

1999年の液晶産業は、需給バランスの悪化による急激な価格下落の苦難の時から一転し、供給能力不足の状態にあり、2000年までは現状が続くと予測され、価格も上昇の動きとなっている。しかし、日本、韓国の増産の動きに加え、台湾のTFT液晶ラインが本格的に稼働する状況にあり、再々度の需給バランスの悪化が懸念されている。装置産業の宿命とも言える需給バランスのサイクル変化は、液晶産業の健全な成長に大きな課題となる。この需給バランスの変化の中、安定した成長を遂げるためには、安定した市場の拡大が不可欠であり、従来のノートPC偏重の市場体質を反省し、液晶応用の範囲を拡大する事が重要である。昨年からのデスクトップPC用液晶モニター市場の急速な拡大は、液晶産業の最も期待される成長市場であるが、モバイル機器の成長も大きな期待がもたれている。携帯電話などに代表される移動体通信インフラの進歩は目を見張るものがあり、音声、文字、画像などのより高度な情報を「いつでも、どこでも」活用できる情報環境において、求められる情報機器として、携帯情報端末などのモバイル機器の重要性は非常に大きくなっている。モバイル機器の進歩は、加速する高度情報化社会の流れにとって、大きな柱と位置づける事ができる。このモバイル機器のディスプレイとして、液晶ディスプレイは最適であり、特に下記に示した薄型・軽量・低消費電力・環境適用性に優れた反射型カラー液晶ディスプレイは大きな発展が期待できる。

#### 〔反射型カラー液晶ディスプレイの4大特徴〕

- ①薄型 : 透過型液晶ディスプレイの1/3
- ②軽量 : 透過型液晶ディスプレイの1/2
- ③低消費電力 : 透過型液晶ディスプレイの1/7
- ④高環境適用性 : 明るい屋外でも高い視認性が得られる。

当社は反射型カラーTFT液晶ディスプレイとして、「スーパーモバイル液晶(HR-TFT)」を開発し、昨年より量産を開始した。この「スーパーモバイル液晶」は市場で非常に高い評価を戴き、携帯情報機器や携帯ゲーム機、AV機器など急速に応用市場を広げ、量産初年度において既に液晶事業の大きな柱となり、今後の更なる成長が期待されている。

本講演においては、「スーパーモバイル液晶」の現状の技術・性能・課題と、市場拡大に重要となっている周辺技術の状況と課題を紹介するとともに、将来展開について述べたいと考えている。

# ◆スーパーモバイル液晶「HR-TFT」の性能と要素技術

スーパーモバイル液晶「HR-TFT」の基本技術については、これまでも多くの機会に紹介をしてきたが、下記の4項目の基本要素技術により特徴づけられる。

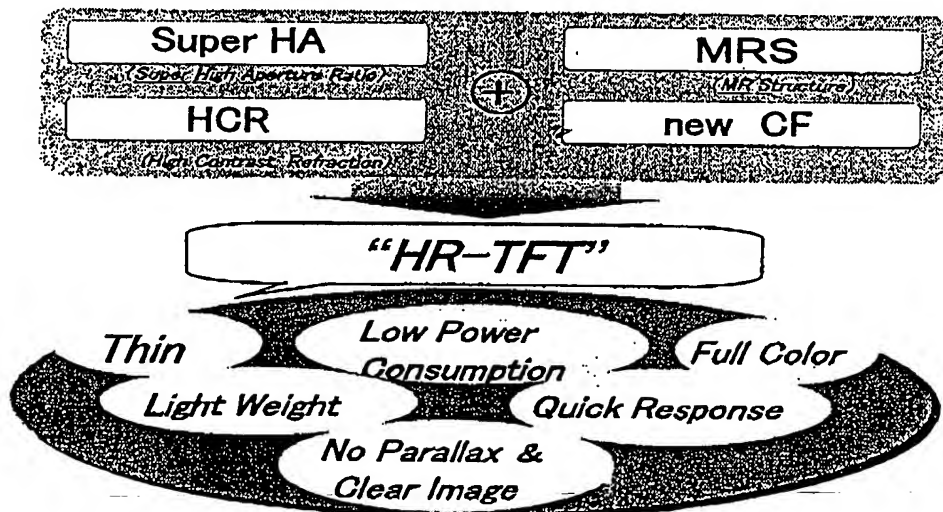
- ①SHA (Super High Aperture) 技術
- ②MRS (Micro Reflective Structuer) 構造
- ③HCR (High Contrast Reflection) 表示モード
- ④新反射型用カラーフィルター

明るさが、最重要な表示性能要素となる反射型カラー液晶ディスプレイにとって、SHA 技術は不可欠な技術要素であり、この技術により開口率（明るさ）を30%向上することができた。MRS 構造は、視差の無いクリアな表示が得られ、散乱特性の制御が可能である事から、最適な散乱反射性能を得るために現在最も優れた方法であると考えられる。HCR 表示モードは、1枚偏光板方式の反射液晶表示モードであるが、液晶材料、セルGAP及び分子配向、位相差フィルム設計及び材料などに、多くの特徴をもつ技術であり、明るさ、高いコントラスト、良好なバックグラウンドの白さ、広い視野角など、スーパーモバイル液晶「HR-TFT」の優れた性能に、非常に重要な技術要素である。カラー液晶表示に不可欠なカラーフィルターについても、多くの試行錯誤を繰り返した結果、液晶パネルのもつ明るさとコントラストに関係したカラー設計手法を開発し、最適化したカラーフィルターを実現し採用している。

上記、要素技術により実現されたスーパーモバイル液晶「HR-TFT」の性能について、下記表に示した。

スーパーモバイル液晶「HR-TFT」の性能  
(3.9型QVGAにおける現状例)

Display Size	9.8 cm (3.9 inch)
Dot Format	320×RGB×240 Dots
Drive System	a-Si TFT Active Drive
Number of Color	260,000
Contrast Ratio	20:1
Brightness	33% (0 to 30 deg. : ref MgO)
Response Time	50msec(on and off)
Power Consumption	0.1 W

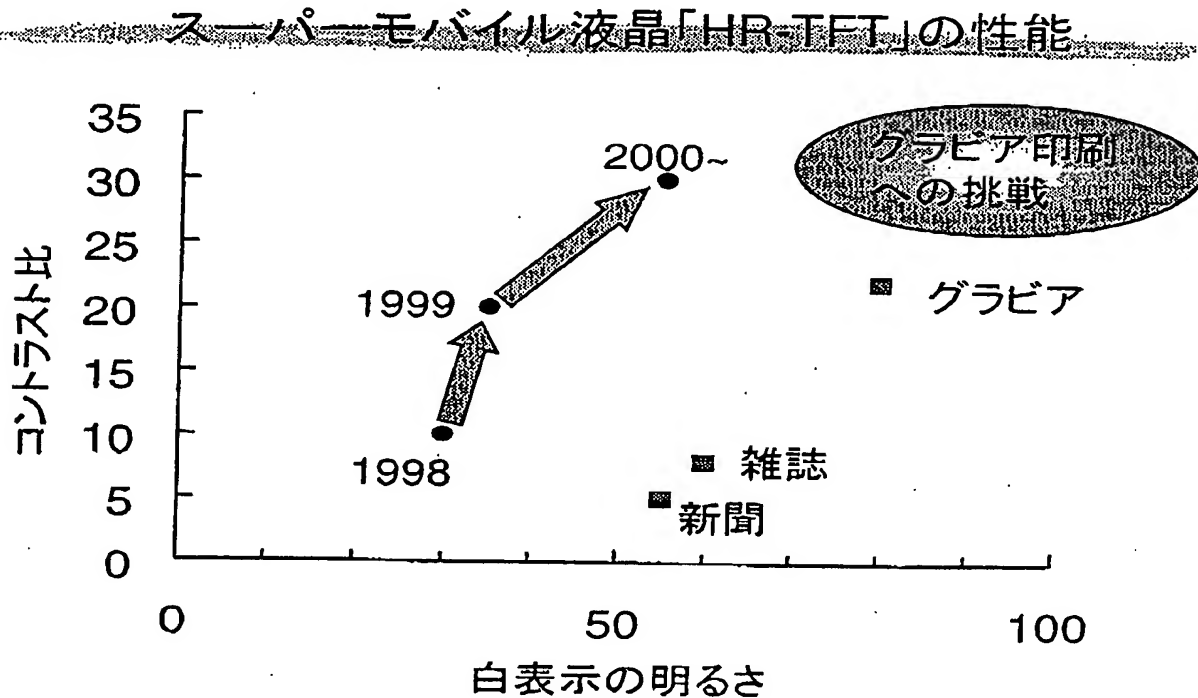


# ◆スーパーモバイル液晶「HR-TFT」の性能向上

スーパーモバイル液晶「HR-HFT」の性能は、量産開始より1年を経て、明るさは当初モデルから30%向上し、コントラストも2倍以上の20~30:1となり、バックグラウンドの白の色味も改善されるなど、表示品位向上がなされ、応用商品の範囲を広げ、確実に市場を拡大している。しかし、現状、新聞や雑誌などのカラー印刷レベルには近づいたと考えられるものの、グラビア印刷や写真などの画質に比べれば、まだ大きな改善余地があると言わざるを得ない。視認性においては、主に明るさとコントラストが重要であるが、コントラストについてはほぼ満足できるレベルになったが、明るさについては更なる改善が望まれる。明るさの改善においては、現状のHR-TFTの基本構造においても、まだ改善の余地があり、更なる明るさ向上を行うべく取り組んでいる。また、新たな基本構造による明るさ向上についての検討も重要である。明るさ向上に最も課題となるのは、偏光板とカラーフィルターであり、両者で明るさが1/6になっている。(偏光板で60% カラーフィルターで40~70%の明るさロスがある。) これらを、使用しない事が効果的であるが、現状のコントラストや色表現力を維持し、実現する事は現状容易ではない。

これまでの研究・開発状況からみて、偏光板を使用しない表示モードが現実的と思われる。PDLICやコレステリック液晶、ゲストーホストなどの表示モードなどの開発提案がなされている。これらの多くは、明るさは向上するものの、コントラストや視野角、階調特性、動画性能など、まだ多くの課題をもっている事も事実である。しかし、反射型カラー液晶ディスプレイ市場が急速に拡大し、大きな規模となった現状において、これらの技術課題のブレークスルーに対し、これまで以上に多くの開発資源が投入されると考えられ、今後、飛躍的な表示性能の向上を期待したい。

当社は、当面スーパーモバイル液晶「HR-TFT」の性能改善にたいして、下記目標にて取り組んでいる。



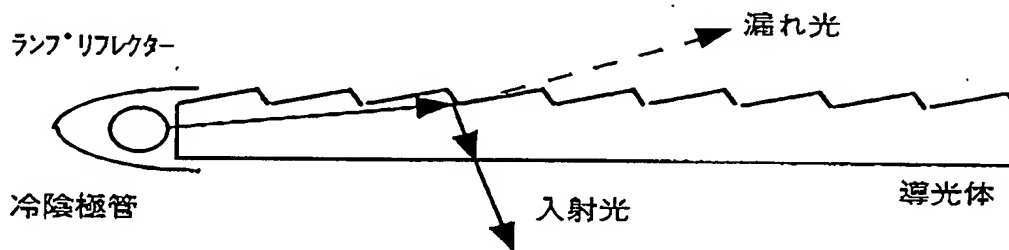
#### ◆スーパーモバイル液晶「H R - T F T」の市場拡大に必要な周辺技術

スーパーモバイル液晶「H R - T F T」の応用市場の拡大には、液晶パネルの性能向上だけではなく、スーパーモバイル液晶「H R - T F T」と複合される周辺技術の開発が重要である。本稿では、暗時でもスーパーモバイル液晶「H R - T F T」の表示品位を確保するためのフロントライトと、モバイル情報機器に多く採用されるタッチパネルについて、現状と課題、展望について紹介する。

#### ◆フロントライト

反射型ディスプレイは、周囲光が無いと見えない。むろん、新聞も雑誌も、写真も見えない。当たり前の事であるが、これが問題となる場合がある事も事実である。現代及び将来における大部分の生活シーンでは、現状のスーパーモバイル液晶「H R - T F T」の表示を認識するに十分な周囲光は存在すると思われるが、一部に周囲光が不足する時がある。例えば、ビデオカメラに搭載した場合の結婚披露宴のキャンドルサービスや夜の花火見物での使用、携帯情報端末では、電灯の無い電話ボックスでの使用など。これに対応するため、フロントライトの搭載が望まれる場合がある。当社では、スーパーモバイル液晶「H R - T F T」開発当初より、フロントライトの開発に着手し、既にフロントライト一体型のモジュールを量産／商品化している。当社製品のザウルスカラーポケットなどに搭載している。構造は、下図に示した様にサイドからの光を微小な表面構造をもつ導光板によって、下部の液晶パネルに面発光させるものである。この時、視認者側（上方向）には光がモレてはいけない（コントラストが著しく低下する）。これは、導光板の表裏の表面形状を設計し、表側表面で全反射させる事で可能となる。基本的には、バックライトで培った導光板技術が活用できるが、バックライトの場合と異なり、反射フィルムや散乱シートが使えない分、均一な面発光を持ちモレ光の無い導光板を得るには、精密な設計技術と成型技術を必要とする。

現在の量産品は、市場で良好な評価を戴いているが、更なる改善には①光利用効率の向上 ②薄型化などの課題を有している。

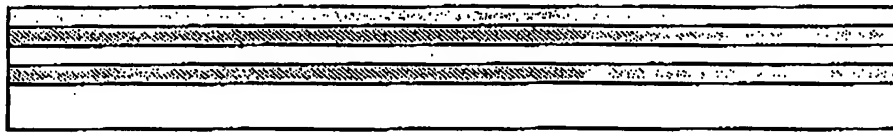


フロントライトの構成

#### ◆タッチパネル

モバイル情報機器においては、ディスプレイと共に入力方法のモバイル性向上が不可欠である。現状のモバイル情報機器では、ペン入力主流である。各種のペン入力方法が開発商品化されているが、コストや小型軽量のモバイル特性を考えると、抵抗膜方式のタッチパネルが採用される場合が多い。現状のタッチパネルは、2枚の透明基板（ガラス／プラスチックフィルム プラティックフィルム／プラティックフィルム ガラス／

ガラスの組み合わせ)を用い、その内面に透明導電膜(ITOなど)を形成した構造となっている。この構造では、多くの界面が存在し、その界面反射が大きいことから透過率に課題をもつ。透過型ディスプレイとの組み合わせでは、ディスプレイ輝度の低下となるが、バックライトの輝度向上などにより、大きな問題とはなっていない。しかし、反射型液晶ディスプレイでは、表示に関与しない反射の存在は、大きな輝度低下(透過型に対し2倍のロス)と共に、コントラストの低下、表面のきらつき感など、大きな表示品位低下要因となる。現状、種々の反射光対策を行ってはいるが、不十分と言わざるを得ない状況である。今後、抜本的な改善開発が望まれている。



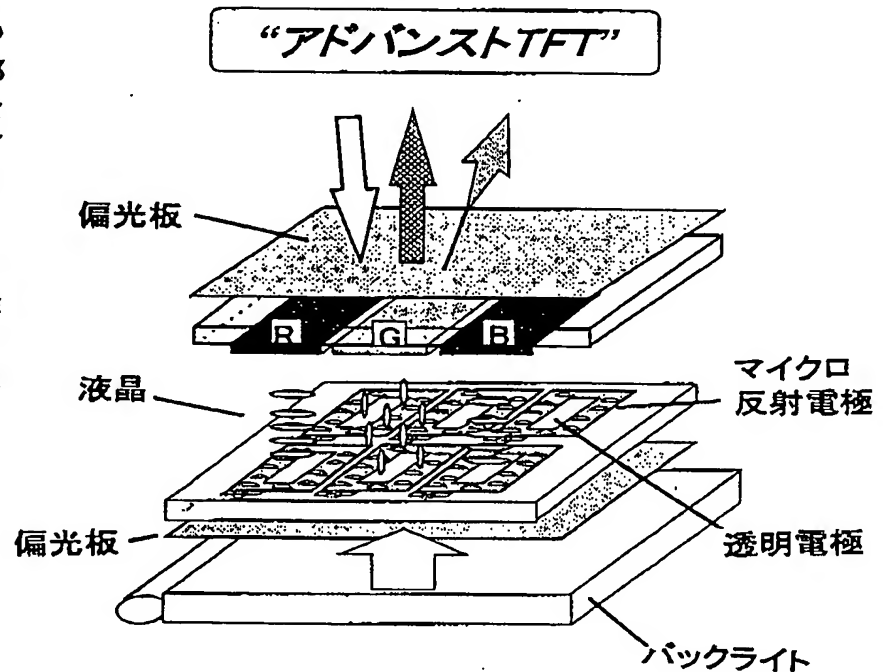
タッチパネルの構成

PETフィルム  
透明電極  
Air層  
透明電極  
硝子基板

#### ◆マルチシーンディスプレイ

透過型カラー液晶ディスプレイに限らず、発光型のディスプレイは、周囲環境が暗い場合に最も良い視認性を有するが、屋外などの周囲環境が明るい場合、その視認性が著しく低下する。他方、反射型ディスプレイにおいては、周囲環境が明るい場合に良い視認性を発揮する。この、透過型/反射型の良い所を両立できれば、いつでも、どこでも良い視認性を有するディスプレイが得られることになる。この観点で開発したのが、マルチシーンディスプレイ「アドバンスTFT」である。ひとつの画素の中に、透過表示部分と反射表示部分を形成し、従来表示原理の異なる液晶表示モードであった透過/反射の液晶表示モードを両立する表示モードとする事で実現した。

既に、商品に搭載されはじめているが、従来のディスプレイに無い特徴を有する事から、その応用市場を広げつつある。今後、透過/反射の両タイプに加えて、新しいタイプの液晶ディスプレイとして、立場を構築するものと考えている。



## ◆まとめ

液晶産業の発展は、今後も高い成長率で持続すると考えられている。しかし、過去の大きな変動を教訓として、安定した事業体質に変革する事が、今、最大の課題であろう。そのためにはなすべき事は、数多くあるが、応用市場の拡大／多様化は不可欠であると考え。多様な応用市場拡大を行うには、多様な市場要求に応えられる、新たな液晶ディスプレイを開発、提供する事が重要である。反射型カラー液晶ディスプレイは、その取り組みの代表例であり、当社が開発／量産を開始したスーパーモバイル液晶「H R - T F T」は、確実に市場で認知され、急速に市場拡大している事は、今後の液晶産業発展に、ひとつの方向を示し、少なからず貢献するものと自負している。

反射型カラー液晶ディスプレイは、まだ量産供給が始まったばかりの若い技術であり、マルチシーンディスプレイをはじめ、まだまだ進歩／変貌するディスプレイであると考えている。液晶ディスプレイ自身の進歩と共に、周辺技術の進歩により、新しい情報機器の創出が期待できる成長分野であると言える。また現状、他の電子ディスプレイにおいては反射型の直視ディスプレイとして対抗するものは見当たらない事から、液晶ディスプレイが独占できる応用市場であり、今後も安定した産業構造となると期待できる。

当社では、スーパーモバイル液晶「H R - T F T」を、今後も確実に性能向上させ、液晶事業の太い、安定した柱にして行きたいと考えている。

## 参考文献

- [1] T. Uchida : AM-LCD '95 Digest, p23 (1995)
- [2] T. Uchida : SID '96 Symp. Digest, p31 (1996)
- [3] 内田 : 応用物理 第 67 巻, 第 10 号, p.1150 (1998)
- [4] 中村 他 : 応用物理 第 67 巻, 第 10 号, p.1155 (1998)
- [5] 飯野 : 応用物理 第 67 巻, 第 10 号, p.1159 (1998)
- [6] Y. Ishii et al. : Proc. Asia Display '98, p.119 (1998)
- [7] 加藤 他 : 信学論 C-II, Vol. J81-C-II, No. 3, p334 (1998)
- [8] N. Sugiura et al. : AM-LCD '95 Digest, p.153 (1995)
- [9] K. Tsuda et al. : AM-LCD '98 Digest, p105 (1998)
- [10] S. Mitsui et al. : SID '92 Symp. Digest. P437 (1992)
- [11] Y. Itoh et al. : AM-LCD '96 Digest, p409 (1996)
- [12] S. Fujiwara et al. : Proceedings of IDW '97, p879 (1997)
- [13] I. Washizuka et al. : AM-LCD '97 Digest, p9 (1997)
- [14] 佐藤 他 : 信学技報, Vol.97, No. 519, p111 (1998)
- [15] Y. Itoh et al. : SID '98 Symp. Digest. P221 (1998)

A5



◆反射型・半透過型カラーSTN液晶

シチズン時計(株)  
表示機器部  
部長  
富樫 清吾

A-5

「反射型LCDの最新技術展開」

## 反射型・半透過型カラーSTN液晶

シチズン時計(株)  
表示機器部 部長  
富樫清吾

### 1. 反射型・半透過型カラーLCDの諸方式

PDAと呼ばれる携帯端末機器が注目され始めたのは5年以上前の事であるが、ハード、ソフトそして親機となるパソコン自体の性能が不十分で、なかなか魅力のある商品となるには至らなかった。しかし、1997年頃からやっとインフラが整い始め、市場が形成されつつある。PDAや、PDAと携帯電話が合体したスマートフォンの市場は今後本格的に立ち上がるものと見込まれる。

現状のPDAのディスプレイは殆どが反射型或いは補助照明付きの反射・半透過型モノクロLCDである。消費電力の制限が厳しくノートPCのように高輝度照明付きの透過型カラーは余り用いられていない。しかし、インターネットの普及でPDAと嘗えどもカラー画像を扱う機会が増加しカラーLCDへの期待は大きくなってきている。今後は照明無しでも使用可能な反射型カラーLCDが主流となると見られる。

反射型カラーLCDはまだ発展途上の技術という事もあり、その方式も各社各様である。重要な技術要素は下記の①～④の4項目に大きく分類される。図1と図2に①～③の2<sup>3</sup>=8通りの構造を示した。④のパッシブ(STN)とアクティブ(TFT)の区別を加えると16通りとなる。本稿ではまずそれらの各方式の特徴を説明し、当社のデータを交えながらどの方式が有力かを考える。また、反射カラーLCDに必要な低消費電力化技術にも言及する。

- |                     |    |                 |
|---------------------|----|-----------------|
| ① 反射 only + フロントライト | or | 半透過・反射 + バックライト |
| ② 1枚偏光板(内在反射)型      | or | 2枚偏光板(外部反射型)    |
| ③ 反射/散乱層分離型         | or | 反射/散乱層一体型       |
| ④ パッシブ(STN)         | or | アクティブ(TFT、TFD)  |

### 2. 反射 only + フロントライト vs 半透過・反射 + バックライト

従来のバックライト付透過型カラーは消費電力の大半がバックライトに起因する。従って、携帯機器向けLCDでは照明を点灯しない反射型表示が基本となる。しかし、使う場所を選ばないのが携帯機器の本質とすると、暗い所で表示内容が判別出来ないディスプレイでは使いものにならない。実際に、反射型モノクロLCDが用いられている携帯電話で

も補助照明のないものはない。また、PDA用のモノクロLCDも、初期には反射専用が用いられたが、最近のものはEL補助照明が必須となっている。カラーLCDもモノクロLCDと同じであり、暗い所でも少なくとも情報判別の出来る照明が必要である。

但し、反射カラーLCDの照明はあくまでも「補助」である。基本となる反射特性自体がまだ完全に満足できるレベルにない現状では、今後の特性改善によるバジェットも反射特性に厚く分配されるべきで、照明下特性に分ける余裕はまだ少ない。従って、明るさも透過型カラーの70~200 Cd/m<sup>2</sup>は無理であり、暗い時の緊急避難的使用には耐える3~10 Cd/m<sup>2</sup>程度が目安となる。

照明方法としては、[反射型LCDとフロントライトと組合せ]、及び、[半透過/反射型とバックライトとの組合せ]の2方式がある。図3に両方式の構造と特徴をまとめる。

LCDの基本性能の発揮しやすさから見ると反射特性をとことんまで追求し特性バジェットの100%生かす事の出来る[反射 only 型]の方が有利である。一方[半透過型]では、基本的には100%の特性バジェットの一部、例えば20%を削って透過に割り振る訳であり反射モードでは80%しか利用できない。

図4に[半透過型]での半透過反射構造を示す。一部の光を透過させ残りを反射する半透過特性を膜自体に持たせるハーフミラー型と、画素を面積的に透過部と反射部に割り振る穴あき反射型がある。穴あき反射膜は制御性はいいが工程が長く、ハーフミラーは反射 only と同じ短い工程だが制御が難しい等一長一短だが、どちらも実用化可能である。しかし、両方式ともに反射特性の一部を削って透過に回している点は変わりはない。

半透過型の中でも、反射モードと透過モードで異なる偏光を用いる反射偏光板型(図2D1)は反射特性を損なわずに透過特性も確保出来る。しかし、表示がネガポジ反転するという欠点以外に、特性に優れた内在反射構造(後述)が出来ないという問題がある。

[フロントライト+反射 only 型]にも欠点はある。フロントライト用の導光板には表面に微細導光構造が形成されており、光散乱によるコントラスト比、明るさの低下や、強い外光下での画素構造と導光構造との干渉縞等が問題となる。また、導光板両面での反射ロスも反射特性を低下させる為、無反射層を追加する等の対策が必要となる。また、タッチパネルを使用する場合にはフロントライト用の導光板がタッチパネルと液晶セルの間に挿入される事となる。反射面が多い事によるコントラスト、明るさの低下だけでなく、タッチパネル面との液晶画面の距離が大きくタッチパネルで画素を指定し難い点も不利である。以上の諸点では、前面に何も特性劣化因子のない[バックライト+半透過型]の方が有利である。

一方、照明下での特性は、十分に技術確立されているバックライトを用いる事のできる半透過型の方がコントロールしやすい。液晶層を光が2回通過する反射状態で特性を最適化した場合、1回しか透過しないバックライト照明時の電気光学特性はやや犠牲にはなるが実用十分な特性は確保できる。一方、フロントライトはまだ開発途上であり、導光板での光散乱によってコントラストはバックライト型程高くない。

以上、両方式との長短あるが、現状での性能を比較すると、照明のない反射モードでの特性は[フロントライト+反射 only 型]が、照明時の特性は[バックライト+半透過型]の方がそれぞれ若干良好と思われる。どちらの方式を使うかは用途によって選ぶしかないが、まだまだ両方式ともに発展途上であり、今後の改良如何ではその得失もまだまだ変動する可能性がある。

### 3. **1枚偏光板(内在反射)型** vs **2枚偏光板(外部反射)型**

従来の透過型LCDは液晶セルを2枚の偏光板で挟み反射板を外に置く〔2枚偏光板(外部反射)型〕の構造であったが反射型カラーでは混色が問題となる。回避策として〔1枚偏光板(内在反射)型〕が提案されている。図5に両方式の構造と特徴を示す。

〔2枚偏光板(外部反射)型〕は従来のモノクロの反射型、半透過型と同じ構造である。モノクロでも画素間隔(0.3 mm程度)に対し下ガラス基板(0.5~0.7 mm)が厚く、細い輪郭を表示する場合には若干の画素のぼやけが生じていたが致命的な問題ではなかった。しかし、カラーLCDでは画素間隔より3倍細かいカラーフィルタドットの間隔(0.1 mm程度)が対象となる。図5に示したような斜めからの光は下ガラス基板(0.5~0.7 mm)を通過する事で入射光と反射光で異なる色のフィルタを通過する事になり、混色による彩度不足が発生する。この視差による混色問題は、ガラス基板上に反射層を形成しカラーフィルタと近接させる〔内在反射型〕とすれば解消出来る。図6に両方式のカラーLCDの色再現範囲を示す。〔外部反射型〕では十分な彩度が得られない事がわかる。

しかし、偏光板をガラス基板上に形成する事は難しい為、〔内在反射型〕は〔1枚偏光板〕で光を制御しなくてはならない。〔2枚偏光板〕と比べると明るさでは有利だが、コントラストでは若干不利となる。しかし、偏光板と液晶層の間に配置した位相差フィルムと液晶、偏光板の設計を最適化する事により〔1枚偏光板〕でもかなりのコントラストを得る事ができる。

両方式を比べると、コスト的にはモノクロで実績のある〔2枚偏光板(外部反射)型〕の方が有利ではあるが、最も重要な彩度や明るさの点で有利な〔1枚偏光板(内在反射)型〕が主流となるものと思われる。

### 4. **反射/散乱分離型** vs **反射/散乱一体型**

反射型LCDの場合、反射層が鏡面では室内の照明や風景が画面に映り込んで表示が見にくくなるため散乱機能が必要である。従来のモノクロ液晶のような〔2枚偏光板(外部反射)型〕では散乱性射板を用いる〔反射/散乱一体型〕が構造も簡単で多用された。しかし〔1枚偏光板(内在反射)型〕では、内在反射層に散乱性を付与する〔反射/散乱一体型〕はそう簡単ではない。そこで提案されたのが〔反射/散乱分離型〕である。図7に両方式の構造と特徴を示す。

〔反射/散乱一体型〕では、内在反射層を凹凸構造の下地の上に形成する。最近はかなり高性能のものも出来てきてはいるが、工程も長く制御も複雑である。

一方、〔反射/散乱層分離型〕では、内在反射層としては製造、制御の容易な鏡面ミラ層を用い、散乱性は上ガラス側に備けた前方散乱層で付与する。工程、構造はシンプルであるが、この方式の欠点は散乱性を余り大きくできず、視野角や明るさの確保が難しい点にある。散乱性が大きいと、入射光の後方散乱によるコントラストの低下や、混色が問題となる。混色はカラーフィルタ/画素と散乱層の距離(上ガラス: 0.5~0.7 mm)がカラーフィルタのドット間隔(約0.1 mm)より大きい事により生じる。しかし、散乱光の割合は小さい為、〔内在/外部反射〕の混色程には大きな問題とはならない。

このように〔反射/散乱層分離型〕では、視野角、明るさ、コントラスト比や混色の程度は散乱層に大きく依存する。図8は各種散乱層を用いた場合の明るさとコントラスト比の関係である。散乱層やその他の設計を最適化させれば反射率25%、コントラスト比14:1と実用十分な特性を得る事ができる。色再現性も図6のデータが得られている。

## 5. パッシブ (STN) vs アクティブ (TFT、TFD)

現在、ノートPCや卓上PCに使われている1.0型以上の透過型カラーLCDの殆どがアクティブ (TFT) LCDである。一方、PDAや携帯電話等の6型以下の反射・半透過型モノクロLCDはパッシブ (STN) LCDが多い。反射型カラーLCDはどちらが主流となるのであろうか。

当社は、[パッシブ (STN)] LCDに絞って反射カラーLCDを開発している。代表的な電気光学特性を図9に示す。反射率25%、コントラスト比14:1が得られている。現在、[アクティブ (TFT、TFD)] LCDの代表的な反射率は約30%、コントラスト比は15:1程度であり、[パッシブ (STN)] の特性は若干は劣るものの、透過型カラーにおける性能差ほどの格差はない。

[パッシブ (STN)] の大きな長所は消費電力にある。図10に各社各方式の反射カラーLCDの画面サイズと(無照明時)消費電力をまとめる。[アクティブ (TFT、TFD)] の35mW~100mWと比較して、[パッシブ (STN)] では9~30mW程度での駆動が可能である。

当社は、STNを高速応答、高コントラスト、低消費電力化する独自技術「HPS (ハイバースキャン)」を従来から提案し、主に、ナビゲーションモニタ対応車載用やパチンコ用の(バックライト付透過型)カラーLCDに採用して来た。この技術は携帯機器用の反射型カラーLCDにも応用可能である。「HPS (ハイバースキャン)」の低電圧技術「電源揺動法 (SPD)」を図11に示す。電源揺動法はICの電源ライン全体の電圧を揺動させる事により、低電圧、低電力を達成する技術である。1/240 dutyの(コモン電圧/セグメント電圧)を各方式で比べると、(a) AP駆動 (56V / 4V)、(b) 6レベル標準駆動 (30V / 30V)、(c) 2行マルチライン駆動 (40V / 5.6V) に対し、(d) 電源揺動駆動 (28V / 4V) と最低の電圧でかつ最小の電源レベルで駆動する事ができる。

図10に示したように、当社の2.2型の動画対応4096色カラーTV用は電源回路含まず16mW、3.8型カラーQVGAは3.3V単一電源からの昇圧回路を含んでも9mW、と非常に低消費電力化が可能である。これらの低消費電力と低コストを生かせればパッシブ (STN)が携帯機器の相当の分野で用いられる可能性は高いと思われる。

## 6. まとめ

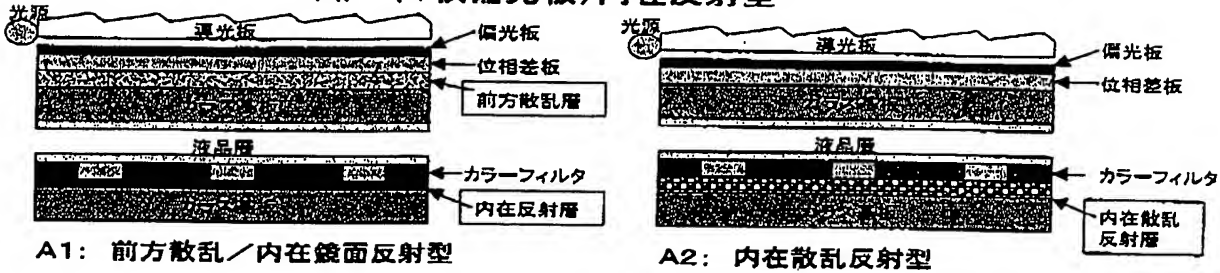
以上のように、反射カラーLCDはまだまだ発展途上でありどの方式が本命かはまだまだ流動的であるが、シチズン時計㈱では以下の方式を主体に開発に取り組んでいる。

- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| ① <u>反射 only + フォトリイト</u> | <u>半透過・反射 + バックライト</u> |
| ② <u>1枚偏光板 (内在反射) 型</u>   | 2枚偏光板 (外部反射型)          |
| ③ <u>反射 / 散乱層分離型</u>      | 反射 / 散乱層一体型            |
| ④ <u>パッシブ (STN)</u>       | アクティブ (TFT、TFD)        |

何れにせよ、携帯機器用のカラーディスプレイとしては、反射カラーLCDに替わる技術はなく、これからも改良を進めるとともに、携帯機器の市場拡大に大いに期待したい。

## (フロントライト) 反射カラー液晶

### A. (1枚偏光板) 内在反射型



### B. (2枚偏光板) 外部反射型

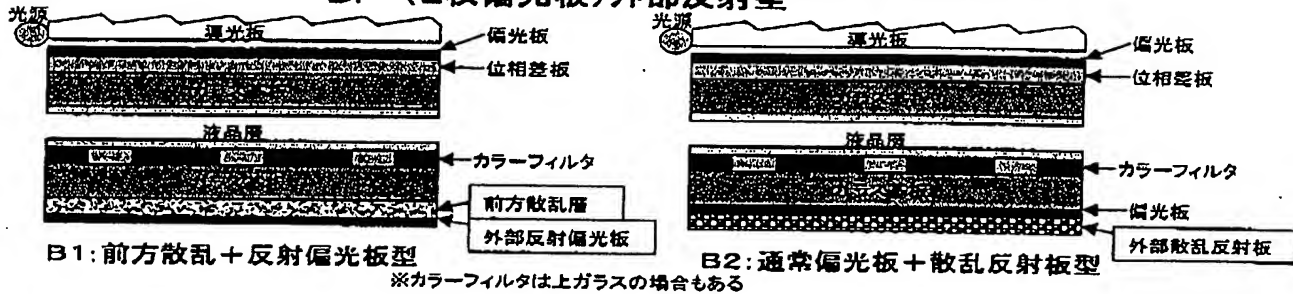
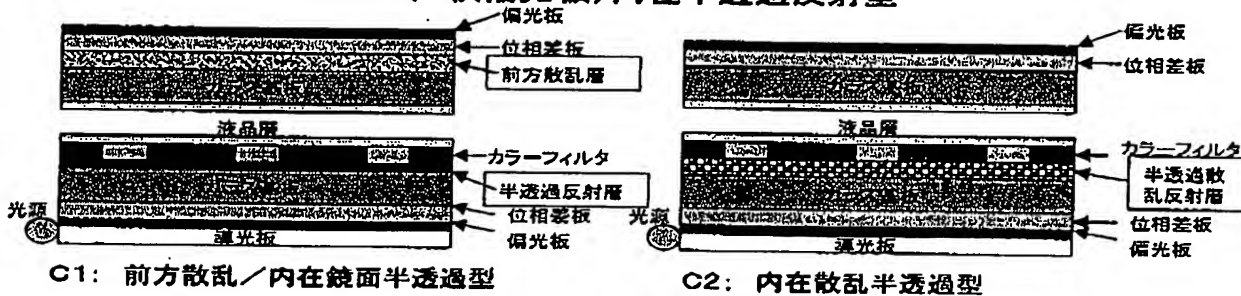


図 1

## (バックライト) 半透過反射型カラー液晶

### C. (1枚偏光板) 内在半透過反射型



### D. (2枚偏光板) 外部半透過反射型

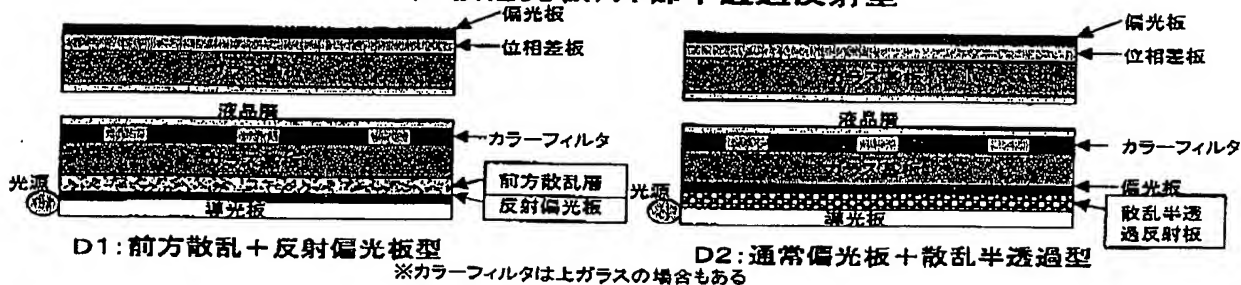
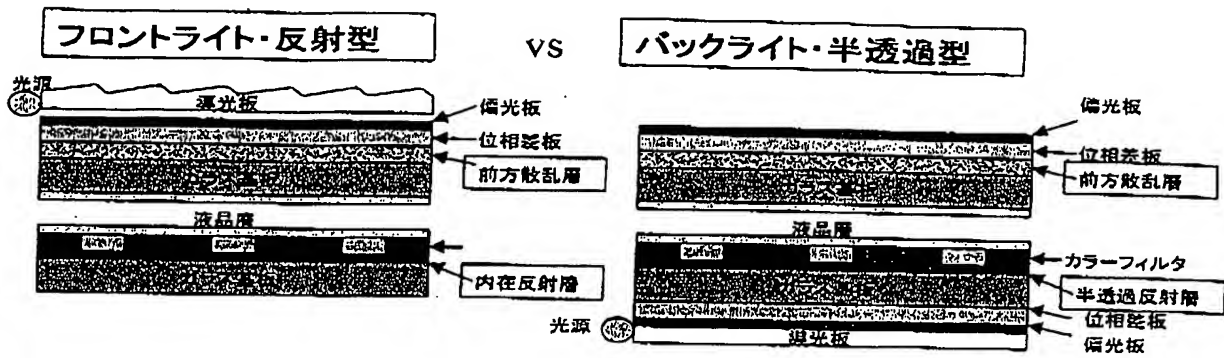
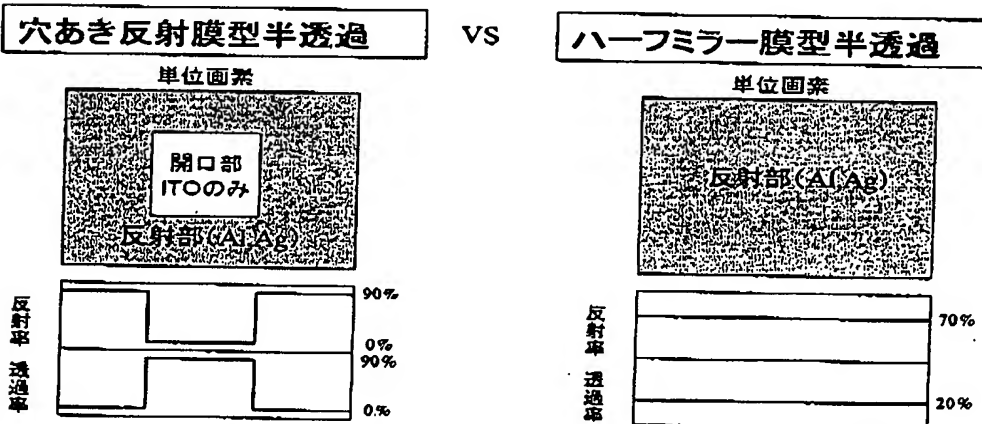


図 2



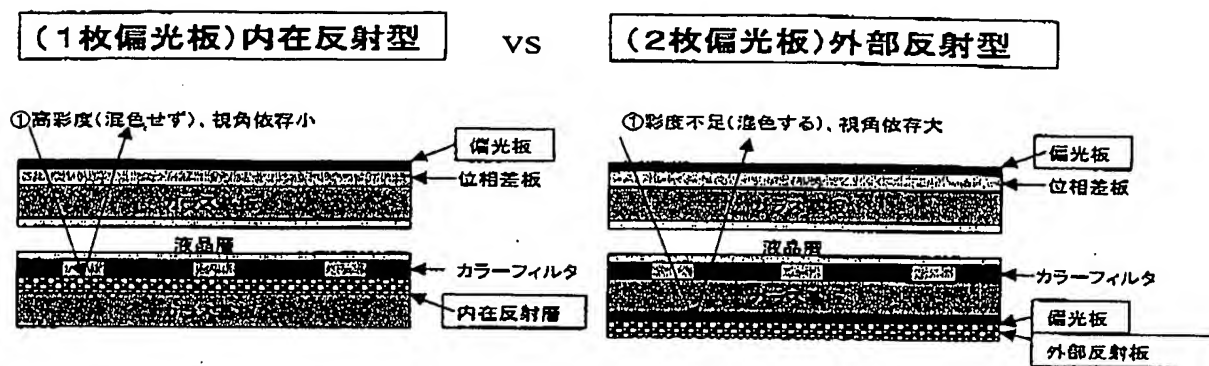
フロントライト・反射型		特性	バックライト・半透過型
反射特性は100%出し切れる	○	基本性能	△ 限られた性能を反射と透過に割り振る(どっち付かず)
フロントライトの光散乱・干渉でコントラストや明るさを損なう	△	特性低下因子	○ フロントライトのような因子はない
液晶の手前にフロントライトある	△	タッチパネルとの相性	○ フロントライトない
フロントライトは高コスト	△	生産性・コスト	△ 半透過層や偏光板位相差板多い

図 3



穴あき反射膜		特性	ハーフミラー反射膜
マスク設計のみで制御容易	○	①透過・反射特性制御性	△ 成膜プロセス制御必要
パターニング1回余分に必要	△	②プロセス回数	○ 工程は完全反射と変わらず

図 4



一枚偏光板・内在反射型		特性		2枚偏光板・外部反射型
偏光板(ポリイミド、液晶)と反射層が近く、情報混ざらない	○	①彩度 視角特性	△	偏光板(ポリイミド、液晶)と反射板の間にガラスあり、漏れ色の情報が混ざる
偏光板1枚(2パス)で明るい	○	②明るさ	△	偏光板2枚(4パス)で暗い
偏光板1枚のみで制御はやや難	△	③コントラスト	○	偏光板2枚はコントラスト出しやすい
内在反射+散乱構造が難しい	△	④生産性・コスト	○	外部反射(散乱)は製造容易

図 5

色再現範囲

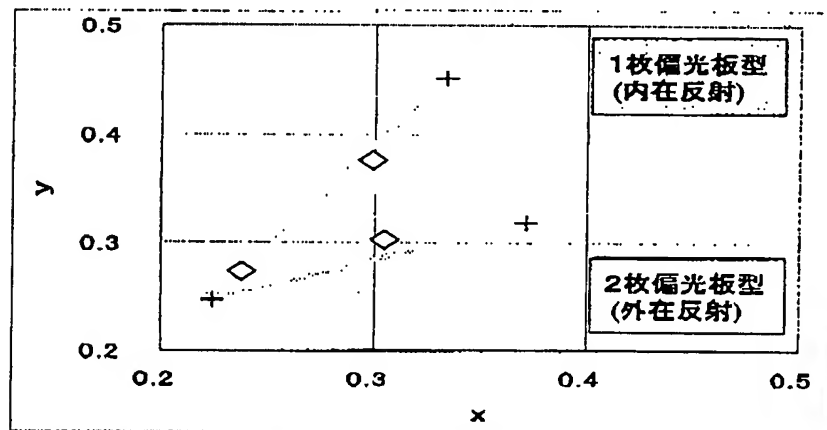
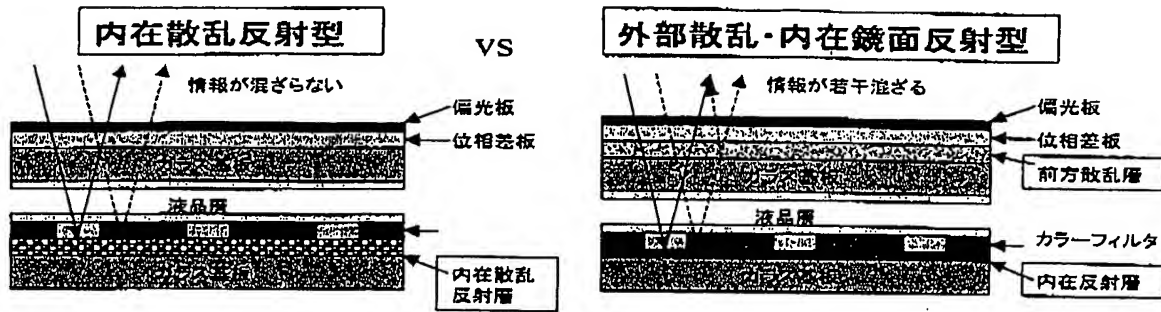


図 6



内在散乱・反射型		特性		外部散乱・内在鏡面反射型
画素(カラーフィルタ、液晶)と散乱層が近く、情報混ざらない	○	①彩度 視角特性	△～ ○※	画素(カラーフィルタ、液晶)と散乱層の間にガラスあり、偏色色の情報が混ざる
原理的には散乱量を大きくでき明るい、構造依存が大	△	②明るさ	△※	情報混入と後方散乱を抑える為には散乱量大きくできない。
情報混入、後方散乱はないが、散乱大きいと偏光解消で低下する	△	③コントラスト	△※	間接画素情報混入、後方散乱、偏光解消がある
内在散乱反射構造が難しい	△	④生産性・コスト	○	外部散乱は製造容易

※但し、前方散乱層の性能やガラス厚によっては上記欠点はそう目立たない

図 7

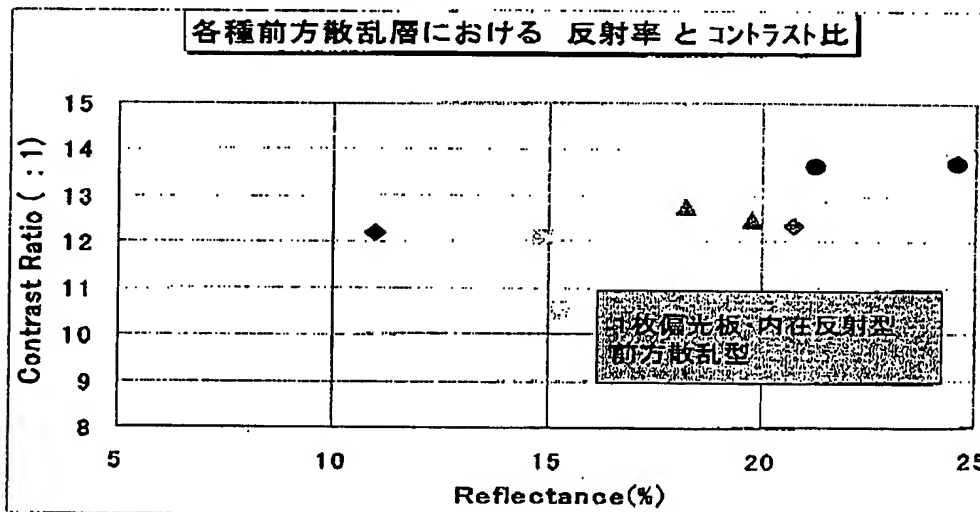


図 8

### 反射率 vs 電圧特性

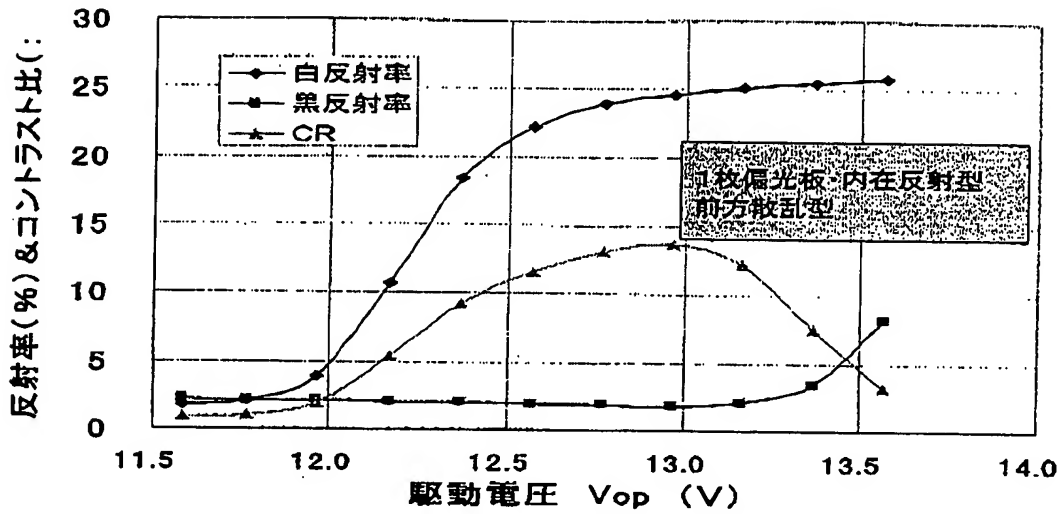


図 9

### 反射カラーLCD 消費電力

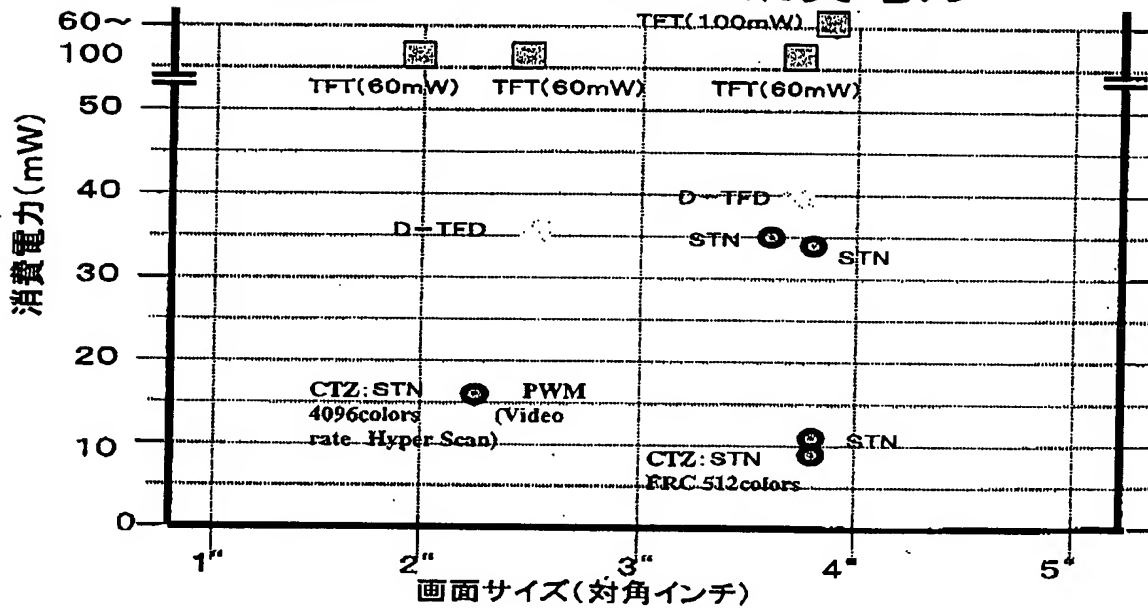
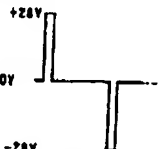
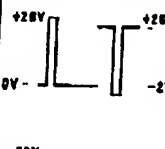
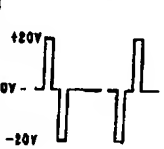
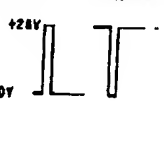
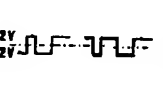
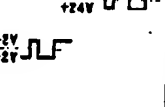
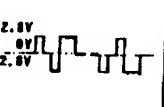



図-1-0

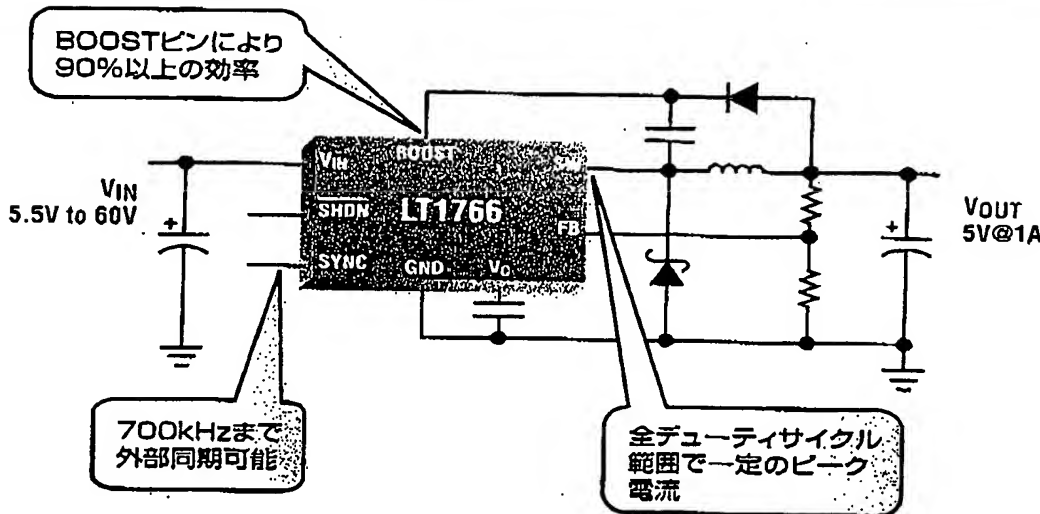
# 各種駆動法の駆動波形と電圧

駆動法	(a) Alt Pleaske 駆動法 (スタート・パッシング)	(b) 標準駆動法	(c) 2行MLA (マルテライン駆動)	(d) SPD (電源駆動法)
流室 信号	3レベル 振幅5.6V 	4レベル 振幅30V 	3レベル 振幅40V 	2レベル 振幅28V 
データ 信号	2レベル 振幅4V 	4レベル 振幅30V 	3レベル 振幅5.6V 	2レベル 振幅4V 

振動電源法 (Swinging Powerline Drive) は最も低電圧、少電源レベルの駆動法である

図 1 1

# 60V、1.5A降圧スイッチャ



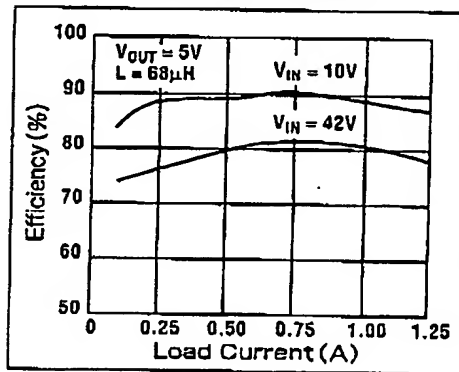
## 広い入力範囲にわたり高効率を維持

産業分野や車載アプリケーションで高入力の降圧レギュレータが必要ではありませんか? 小型で60V入力、1.5A降圧DC/DCコンバータLT1766において他にはありません。LT1766はすべての入力範囲においてピークスイッチ電流を一定に維持する、特許取得のスロープ補償回路を備えています。広い入力電圧と広い出力電流範囲で、スイッチドライブ回路が高効率を維持します。

### ▼ 特長

- 広い入力範囲: 5.5V~60V
- 1.5Aのピークスイッチ電流
- 全デューティサイクルにわたりピークスイッチ電流が一定
- 高効率0.2Ωスイッチ
- 200kHzのスイッチング周波数 (LT1766)
- 500kHzのスイッチング周波数 (LT1956)
- 電流モードループ制御
- 1.2V掃蕩リファレンス電圧
- 低いシャットダウン電流: 25μA
- 小型SSOPパッケージ

広い負荷範囲で高効率



### ▼ データシート、無償サンプル

[www.linear-tech.co.jp/1766/n/](http://www.linear-tech.co.jp/1766/n/)

### ▼ オンラインストア

[www.linear-tech.co.jp/](http://www.linear-tech.co.jp/)

### ▼ CD-ROM

[www.linear-tech.co.jp/](http://www.linear-tech.co.jp/)  
最新版CD-ROM配布中!

### ▼ お問い合わせ

当社または下記代理店まで

● 資料のご請求はFAXでも受け付けております。請求品目、お送り先、電話、FAX番号及びご質問の名称を明記して下さい。



## リニアテクノロジー株式会社

最新E-mailニュース配信中心! お申し込みは、弊社Webサイトまで。 [www.linear-tech.co.jp](http://www.linear-tech.co.jp)  
本社 〒102-0094 東京都千代田区紀尾井町3-6 常和紀尾井町パークビル TEL.03 (5226) 7291 FAX.03 (5226) 0268  
大阪支社 〒550-0011 大阪府都島区御成町1-6-13 東京生命本町ビル6F TEL.06 (5533) 5880 FAX.06 (5533) 5885

株式会社マクニカ	本社 〒228-8505 横浜市長区白山1-22-2 TEL.045-939-0104 FAX.045-939-0105	大 阪 06-6300-0810 名古屋 052-053-4641 甲 府 028-627-6231
株式会社トーマン エレクトロニクス	本社 〒108-8510 東京都港区港南1-8-27 TEL.03-5462-9615 FAX.03-5462-0895	大 阪 06-6447-8848 徳 島 087-712-7779 松 山 025-221-0061 名古屋 03-523-5370 甲 府 028-630-0861 北 海 道 0463-21-0011 山 梨 0427-98-0404 山 梨 022-221-0061
東京エレクトロデバイス株式会社	本社 〒234-0045 横浜市長区東町1 TEL.045-474-5114 FAX.045-474-5824	大 阪 06-6300-0810 名古屋 052-053-4641 甲 府 028-627-6231 大 阪 06-6447-8848 徳 島 087-712-7779 松 山 025-221-0061 名古屋 03-523-5370 甲 府 028-630-0861 北 海 道 0463-21-0011 山 梨 0427-98-0404 山 梨 022-221-0061

日経BP社 〒102-8622 東京都千代田区平河町2-7-6 印刷・大日本印刷株式会社 printed in Japan  
定価 840円 (本体800円) 送料別 1年 (26冊) 19,000円 (本体18,095円)

# 1社独占が崩れ 競争時代に入った白色LED

## 日亜化学工業は特許戦略を変更



(写真：中央は日亜化学工業、左側は上から松下電工、アーマライト SE、NEC、右側は上から山田照明、松下電工、ソニー)

白色LEDが市場と性能の両面で大変革の時を迎えた。

1つは供給体制である。続々とLEDメーカーがこの市場に参入する。

白色LEDが安く、大量に出回り、品種もバラエティーに富むようになる。

これによって白色LED市場の拡大が加速する。

もう1つは発光効率が高まり、輝度が上がること。

早ければ2004年にも蛍光灯の発光効率に追い付く。

これまで蛍光管を使っていた機器メーカーが白色LEDを選ぶようになる。

## Leading Trends

あの日亜化学工業が白色発光ダイオード(LED)に関する特許を他社にライセンス——。

事実上の1社独占供給から、複数のメーカーが価格や性能を競う市場へと、2002年に入って白色LEDの開発現場があわだしくなった。複数のメーカーが、それぞれ独自の仕様と値段を引っ提げて白色LEDの供給を始める。機器メーカーは、それを見比べて選択できる。白色LEDは、いわば「普通の部品」になる。

こうした変化を端的に示すのが、これまで白色LEDの供給を一手に引き受けてきた日亜化学の特許戦略の動きである。同社は、GaN系LEDや同LEDを使った白色LEDに関する特許を他社に使わせない姿勢を貫いてきた。ところが、2002年1月に入って、シチズン電子に対して白色LEDに関する特許をライ

センスしたのである<sup>1)</sup>。現時点では、日亜化学がライセンスする特許は蛍光体と青色LEDを組み合わせたことなど、あくまでGaN系LEDを使った白色LED素子を製造する際に必要になる技術に限られる。それでも、これまでとは明らかに態度が変わった。

シチズン電子は日亜化学が供給する青色LEDや蛍光体をベースに、独自のパッケージ技術を施して、白色LEDを製品展開する。日亜化学は、小型パッケージ技術に強みを持つシチズン電子がパッケージした白色LEDのOEM供給を受け、製品ラインアップを拡充する。

日亜化学はライセンス契約について「白色LED市場の展望が開けているから」と説明する。市場が拡大しようとしている今、1社供給にこだわってはいないチャンスを選ぶという考えのようだ。

### 1社独占供給が崩れる

実際、白色LEDの市場が大きく変わり始めている。機器メーカーにとっては、日亜化学が提供するGaN系の青色LEDと蛍光体を組み合わせた白色LEDがほぼ唯一の選択肢だった。この市場に、これまで青色LED市場で三つ巴の競争をしてきた豊田合成や米Cree, Inc.などが本格参入する。

豊田合成は2001年12月に白色LEDの量産に着手しており、「1年後には月産数千万個の白色LEDを量産する」(同社取締役 オプトエレクトロニクス事業部長の太田光一氏)という。日亜化学並みの生産体制になるようだ。Cree社は白色LEDに向け、光出力を同社従来品の2倍以上に高めたGaN系LEDのサンプル出荷を始めた<sup>2)</sup>。

日亜化学とシチズン電子、豊田合成、Cree社以外に、白色LED市場への参入機会を虎視眈々とうかがうのが、台湾のLEDメーカーである。例えば、台湾Lite-On Electronics, Inc.が2002年に発売を予定する。日本メーカーは台湾のLEDメーカーと盛んにGaN系LEDを使った白色LEDの試作/試験を繰り返しているという(p.63の「若々とGaN系LED製造設備を拡充、2002年日本市場に参入」参照)。「白色LEDの基となるGaN系発光素子を製造するMOCVD(有機金属化学気相成長法)装置は、台湾内で約100

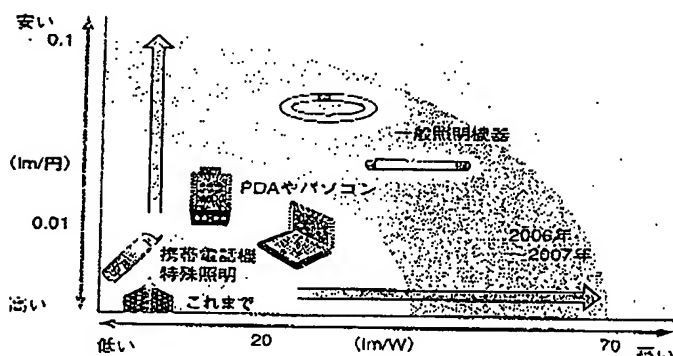


図1 市場競争で安く/明るく  
白色LEDの製造に参入するメーカーが急増し、競争は激しくなる。競争のポイントは単価当たりの明るさや、消費電力あたりの明るさである。携帯電話機用カラー液晶パネルのバックライトから利用が始まった白色LED。白色LEDの使用量が多いPDAやパソコン、照明機器に用途が広がるだけでなく、携帯電話機など白色LED搭載機種の古株などでは明るさ向上と消費電力低減という効果が期待できる。

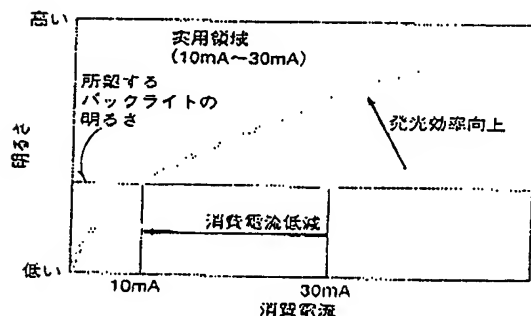


図2 実用領域では発光効率が落ちた分だけ消費電流は減る  
白色LEDの明るさと消費電流の関係を示す。一般的に、消費電流が低い領域を除き、10mA~30mAの実用領域で明るさは消費電流には比例する。このため、発光効率が2倍に高まれば、所望の明るさを得るための消費電流値を半分にする。

注1) 日亜化学はシチズン電子と同様に、GaN系青色LEDの光を白色光に変換する特許について、別白ラハ—ともライセンス契約した。同社は、青色LEDを流すことで白色光を得られる「1.5倍のLEDカバーを製品に採用する」。

注2) シェアは、Cree社製のGaN系青色LEDを使った白色LEDを試作し、「CEATEC JAPAN 2001」で展示した。紫外光を赤色、緑色、青色に変換する蛍光体を使った。

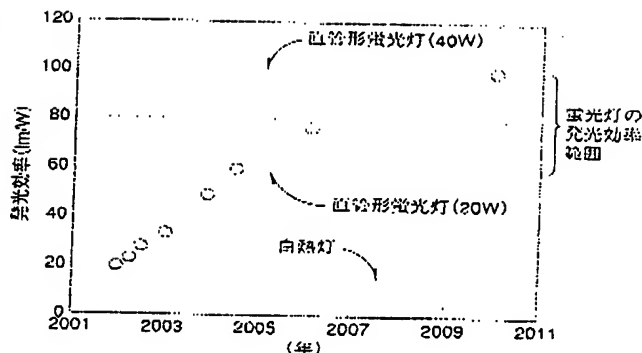
## 1社独占が崩れ、競争時代に入った白色LED

台導入されている。フル稼働すれば日亜化学や豊田合成に引けを取らない(あるLEDメーカーのマーケティング担当者)など、量産体制は整うようだ。

## 光効率が倍の品種が登場

このように、続々と市場にLEDメーカーが参入してくるのは、白色LEDには携帯電話機やPDA、照明機器といった巨大な市場があるからだ(p.65の「巨大な照明市場でも白色LED、すべてはケータイから始まった」参照)。「2001年の2億個から2002年に6億個、そして2003年に12億個にまで急速に拡大する」(シチズン電子 取締役 第一・第二電子部品製造部統括部長の三浦恒雄氏)というように、今まさに市場が広がろうとしているとLEDメーカーはみる(図1)。市場拡大の背景には発光効率の向上

図3 早ければ2004年にも発光灯並みの発光効率を達成市場に出回る高輝度白色LEDの発光効率は、2002年初めの段階で20lm/Wであり、既に白熱灯の効率(16lm/W)を超えた。白色LEDメーカーや機器メーカーは、一般家庭の室内照明に使う蛍光灯の発光効率(60lm/W)に2004年~2005年ごろ迄すると予測する。ただし、その後は発光効率の伸びが鈍り、オフィスの室内照明に使う蛍光灯と同等の発光効率(100lm/W)に達するのは2010年ごろとみる技術者が多い。(図:白色LEDメーカーや機器メーカーから回答のあった数値を基に本誌が作成)



と、単価の下落がある。発光効率が現状の2倍近い30lm/W品が市場に登場する。日亜化学は2002年4月にサンプル出荷を始め、同年6月には正式に移行する計画である。豊田合成は2002年末までに同等の製品を量産を開始する予定。既に白色LEDを採用する機器メーカーにとっては、従来品と同じ消費電力で

明るさを約2倍に高められたり、あるいは明るさを維持しながら消費電力を半分程度にまで下げられる見通しが立った(図2)。

この発光効率は「2~3年後にさらに2倍にまで高められる」と各社は口をそろえる(図3)。現状100円程度の単価については、LEDメーカーは年率20%程度

着々とGaN系LED製造設備を拡充  
2002年日本市場に参入

台湾Arima Optoelectronics Co.は、2001年から青色や緑色などGaN系LEDの量産に乗り出した。同社PresidentのP. J. Wang氏に同社の戦略を聞いた。

——現在のGaN系LEDの生産規模は。  
Wang氏 月産2000万個の規模でフル生産できる。ここ2年ほどは生産規模を年間2倍のペースで拡大してきた。今後も規模を拡大するが、多少ペースを落とし、量産技術を高める開発に投資していく。

——どのような品種を製造するのか。  
Wang氏 青色や緑色、青緑色などを

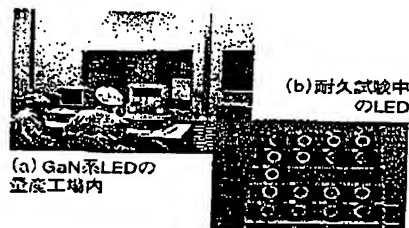
そろえる(図A-1)。紫色についても開発中である。当社製LEDは他社のLEDよりも低電圧で動作でき、消費電力を低く抑えられることが特徴である。GaN系LEDには、携帯電話機のキーパッドに使うような省電力品と、信号や照明に使う大電流品の2種類がある。当社は両方を製造していくつもりだ。

——白色LEDの製造予定は。

Wang氏 他のLEDメーカーや機器メーカーと協力して、白色LED用のGaN系LEDを試作することは多い。日本の有力メーカーとも既に共同実験済みである。

——日本市場に投入しているのか。

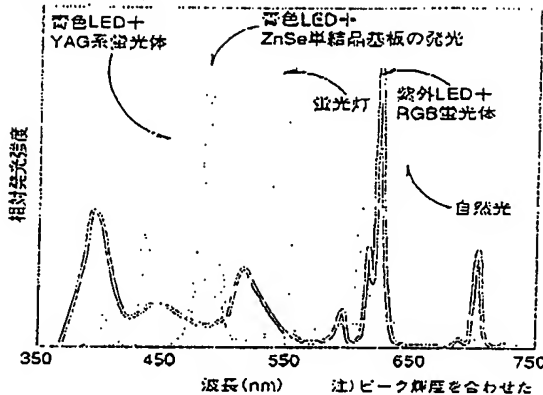
Wang氏 日本メーカーはGaN系LEDに関する訴訟に巻き込まれることを懸念しており、今のところ当社の輸出先は米国に留まる。しかし、2002年中には日本市場に投入できるという感触を持っている。



図A-1 既にGaN系LEDを台湾で量産中、日本上陸も近い  
台湾Arima Optoelectronics Co.は、現在月産2000万個の規模でGaN系LEDを量産する。(a) 米国市場に輸出しており、2002年中に日本市場へ参入を予定しているという。(b) は、GaN系の青色LEDと並び、寿命試験中のGaN系LED。青色LEDのほか、紫色LEDの量産も計画する。

## Leading Trends

(a) 発光スペクトル



(b) 白色LEDの長所一覧

	青LED + YAG系蛍光体	紫外LED + RGB蛍光体
演色性	△	○
発光効率	○	△
単価	○	○
寿命	○	○

図4 「白色」といっても多種多様

白色LEDは白色を得るために混ぜ合わせる色や材料の違いによって、大きく3種類に分かれる(a)。1つが、1996年に日産化学工業が発見し、現在市場の大部分を占めるGaIn系青色LEDとYAG(イットリウム・アルミニウム・ガーネット)系蛍光体を組み合わせた品種である。約460nmの青色光と、YAG系蛍光体から放射される約570nmの黄色光を合わせて白色光を得る。もう1つ、GaIn系青色LEDと、赤色(R)、緑色(G)、青色(B)の3種類の蛍光体を組み合わせた品種。紫外光をRGB各色の蛍光体に照射して、それぞれを発光させる。各蛍光体が発する光を合成することで白色を得る。RGBの合成という点においては、蛍光灯と同様。ただし、放射する各色の波長は異なる。これら2種類の白色LEDは、演色性(自然光が当たったときと同じような色を再現する指標)や発光効率などで4倍の違いがある(b)。さらに、この2つに比べて寿命が短いという欠点があるが、ZnSe系青色LEDとZnSe基板からの黄色光を混ぜる品種もある。(図:(a)の発光スペクトルは日産化学工業、ローム、豊田合成。写真:(b)の左からシチズン電子、豊田合成)

で低価格化していくと予測する。

この結果、携帯電話機だけでなく、多くの機器メーカーが採用に慎重だったPDAやノート・パソコンといった分野でも白色LEDの採用が本格化する。さらに、照明機器市場でも、市場が広がり始める。

こうした白色LEDの用途の広がりに応じて、要求するスペックもバラエティーに富むことになる。新規参入事業者にも十分に付け入る余地がありそうだ。

### 色再現性を高める

その新規参入LEDメーカーの多くは、新たな白色発光の仕組みを引っ提げて、商品の魅力をアピールする。その代表例が紫外光を発するLED(紫外LED)と蛍光体を組み合わせた白色LEDである。

豊田合成は東芝と共同で同LEDを開発し、量産を始めた<sup>(13)</sup>。「色再現性ははるかに高い」(豊田合成の太田氏)と利点を強調する。Cree社も同LED用の紫外LEDをサンプル出荷中である。

従来、白色LEDといえば青色LEDに蛍光体を組み合わせたものである。青色の光と、蛍光体が青色の光の一部を黄色に変換した光を混ぜ合わせることで白色を得ていた。この手法では赤色の光が非常に弱いため、赤色の物体に白色LEDからの光が当たると「物体は黄色っぽい赤色に見えてしまう」(豊田合成の太田氏)という。このため、機器メーカーでは「液晶パネルのカラー・フィルタなどを工夫する」(ソニー・モバイルネットワークカンパニー ハンドヘルドコンピュータカンパニー)ことで色

の再現性を高めていた。

紫外LEDを使うタイプは3種類の蛍光体を配合して、紫外光を赤色、緑色、青色にそれぞれ変換し、それらを合成することで白色を得る(図4)。紫外光を色の3原色に変換する点においては、蛍光管と同じ原理である。赤色の表示にも問題はないと機器メーカーも見る。

課題は発光効率である。現状は、「従来品種の半分程度」(豊田合成の太田氏)ということ。ただし、従来品種との差をもっと詰めることは可能と考えるLED技術者は多い。蛍光体や紫外LEDに改良の余地は十分にあるとみるからである<sup>(14)</sup>。事実、豊田合成が製造する紫外LEDを使う白色LEDは、2001年2月の発表時に比べ、10カ月後の量産開始時期では発光効率が2倍に高まっている。

注3) 豊田合成が開発する白色LEDは2種類ある。1つは紫外LEDと蛍光体を組み合わせた品種。2001年12月に量産を始めた。もう1つは青色LEDと蛍光体を組み合わせた品種。2002年2月に量産を開始する予定。2種類合わせた製造規模は12月の段階で月産数10万個であり、14.1%には月産数10万個に達する。なお、同社の青色LEDを含めたGaIn系LED全体の製造規模は2002年3月末で月産9500万個に達する予定。

注4) 蛍光灯内で発生する紫外光の波長は370nm~380nm。この波長を赤色、緑色、青色に変換する蛍光体はかなり研究し尽くされているという。これに対し、紫外LEDは370nm~380nmと10nmほど狭い。このため、蛍光灯で使う蛍光体とは異なる材料を開発する必要があるという。

注5) 白色LEDに使う蛍光体を工夫することで、白色だけでなく多数の色を作り出せる。シチズン電子は青色LEDを使う白色LEDに新たな蛍光体を付加して、パステル・カラーの色を発するLEDを開発し、12色の品種を量産中である。



## 1社独占が崩れ、競争時代に入った白色LED

青色LEDを使う白色LEDでも色再現性を高める動きが具体化し始めた<sup>(1)(2)</sup>。このタイプの白色LEDで先行した日亜化学は、青色を赤色に変換する蛍光体の特許を管理する関西TIOとライセンス

契約した<sup>(3)</sup>。加えて、「まだ量産を計画していない」(同社 取締役 第二部門 開発本部 技術本部 部長の四宮源市氏) というものの、紫外LEDを使う白色LEDの開発を進める。

## 製造がバラついても色ずれせず

紫外LEDを使う白色LEDの利点は、色再現性だけでなく、色バラつきを低減できることに機器メーカーは期待する。これまでの青色LEDを使う品種では、

巨大な照明市場でも白色LED  
すべてはケータイから始まった

今、目に見える形で白色LED需要拡大の原動力となっているのは、携帯電話機に搭載する液晶パネルのカラー化である。携帯電話機自体の世界市場は停滞気味だが、カラー化は容れに進むと機器メーカーやLEDメーカーは予測する<sup>(4)(5)</sup>。このカラー表示には、白色LEDが不可欠である。液晶パネルを照らし出すバックライトやフロントライトを白色にする必要があることと、蛍光管などその他の白色光源は小型化に向かないからである。携帯電話機の世界市場は約4億台あり、カラー液晶

パネル1台当たり約3個の白色LEDをバックライトやフロントライトに使う。白色LEDの生産規模は2億個しかなく、このままだと需要が強い切れないことは目に見えている。

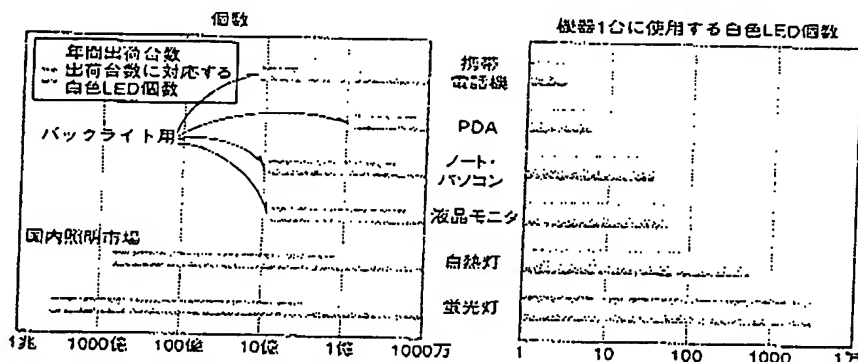
加えて、これから普及が始まる市場もある。それがPDAやノート・パソコンである。PDAに白色LEDを採用済みのソニーは「消費電力で比べたら白色LEDよりも陰極管の方が有利なのは分かっている。それでも、機器の小型化・薄型化を優先するので白色LEDを選択した」(同社 モバイルネッ

トワークカンパニー ハンドヘルドコンピュータカンパニー)。

最後に控えるのが照明市場である。発光部品だけでも1兆円を超える照明市場に白色LEDが入る。同市場における白色LEDの潜在需要は携帯電話機市場の100倍以上にもなる(図B-1)。

まだ白色LEDの単価が高いため、一般家庭向けの普及は始まっていないが、2000年ごろからビル外壁の照明や水中照明などの特殊照明で使われ出した。白色LEDは蛍光灯より寿命が10倍近く長く、交換時に必要となる人件費などのコストを抑えることができるため、初期コストの高さを相殺できるからである。

業務用照明機器の大手である山田照明は、2002年度の売り上げを前年度比20倍以上の2億円、2003年には10億円と予測する。松下電工は、特殊照明に加えて、一部の家庭向け照明でも2002年3月に白色LEDを使った照明機器を製品化する。「白色LEDを使った照明機器は将来主流になる。積極的に手掛けないと、照明業界トップの地位を維持できない」と必死だ。



図B-1 ケータイやパソコンに照明機器、白色LEDの潜在需要は巨大  
現在の電子機器や照明機器の市場規模を基に、白色LEDの潜在的な需要を示した。現在、白色LEDの中心市場となっている携帯電話機と比較して、照明機器の潜在需要ははるかに大きい。携帯電話機の世界出荷台数は約4億台/年である。このバックライトには3個の白色LEDが必要となるので、すべてが白色LEDに置き換わると仮定すると、潜在需要は約12億個と計算できる。同様の計算をすると、照明機器の潜在需要は、国内に限っても年間5000億個以上。世界市場はさらに1ケタ以上大きい。試算に使った白色LEDの仕様は、1個当たりの明るさが1lmの品種。電子機器は2001年の世界市場を使い、照明機器は2000年の国内市場の数値を使った。(図：携帯電話機やPDA、ノート・パソコン、液晶モニタの2001年世界市場は日経マーケット・アクセスの資料を基に、照明用の白熱灯や蛍光灯の国内市場は日本電灯工業会の「電燈工業会報」を基に本誌が作成)

図B-1)モノクロ液晶パネルを搭載する携帯電話機でも白色LEDを搭載する例が増えているという。モノクロ液晶パネルのバックライトやフロントライトに青色LEDや赤色LEDなどのLEDを使うよりも、消費電力を低減できるからである。人間は波長が480nmの光に敏感なため、この波長を含む光ほど明るく感じる。白色LEDはこの波長の光を含め、青色LEDなど、この波長を補えないLEDは、白色LED並みの明るさを得るためにLEDに流す電流値を大きくする必要がある。

## Leading Trends

製造バラつきなどで青色の発光波長が所望の値よりもずれた場合に問題が発生していた。例えば、青色光の中心波長が短波長側にずれると青紫色と黄色を配合することになり、逆に長波長側にずれると青緑色と黄色を混ぜることになる。

紫外LEDを使った場合、紫外光の中心波長がずれても、白色の色合いは変化しないという。紫外光自体は人間の目に感知されないからである。ただし、白色LEDが暗くなるという現象が発生する。紫外光の中心波長がずれると蛍光体が吸収できる波長の紫外光が弱くなるためである。この場合は、白色LEDを駆動する回路を一部改良するだけで対処できるという。

### 無駄なく光を取り出す

発光効率については、60lm/W～100lm/Wという蛍光管の水準に向け、白色LEDメーカーは着々と改良を進める<sup>注6)</sup>。日亜化学や豊田合成など、白色LEDを手掛けるLEDメーカーは50lm/W～60lm/W程度まで高められる技術のメドは付けたようである<sup>注7)</sup>。2004年～2005年には達成できるとの見方は強い。ここでカギを握る要素技術は大きく2

つある(図5)。1つは白色LEDの基となるGaN系LEDが発する光を損失することなく外部に取り出す(外部発光効率を高める)ことである。発光層内で発生する光を、余すことなくLED前面に取り出せるように、発光層を挟み込む層の屈折率を改良する。発光層から出る光はLEDの上下方向に進むため、光をLEDの上側に取り出す形状であれば、下側に向う光は無駄になるからである。屈折率を変え、この無駄になる光を上側に反射させて光量を稼ぐ。

従来は発光効率を上げるため、LED内の発光層内で電子と正孔を結合しやすくする(内部発光効率を高める)手法が採られていた。しかし「内部発光効率を高める手は、かなり出尽くした」(日亜化学の四宮氏)ため、無駄な光をなくす手段に開発課題が移っている。

### キー・テクノロジーはパッケージ

外部発光効率を高めるもう1つの手段が、パッケージの改良である。LEDメーカーによっては「パッケージの改良の方がLEDそのものの改良よりも効果が大きい」(豊田合成の太田氏)とするところもある。開発課題は、蛍光体の改

良と蛍光体の塗布方法の最適化である。

蛍光体に関しては、化学メーカーと協力し、独自開発の蛍光体を使う動きがある。白色LEDにおいて、汎用の蛍光体を使うことはまずないことに起因する。GaN系LEDの発光波長がLEDメーカー間で異なるからだ。少し波長がずれただけでも「発光効率は簡単に半減してしまう」(シチズン電子の三浦氏)ためである<sup>注8)</sup>。

豊田合成は紫外LEDに組み合わせる蛍光体に関しては東芝と協力し、青色LEDに組み合わせる蛍光体ではドイツLeuchtstoffwerk Breitenungen GmbHやドイツLitec GmbH、オーストリアTridonic Optoelectronics社と組む。

ただし、蛍光体の変換効率を高めるだけでは白色LEDの外部発光効率の向上に限界がある。ここで蛍光体の塗布方法が重要になる。「蛍光体の層を厚くし過ぎると、青色LEDの光や黄色に変換した光を蛍光体が遮蔽してしまう」(日亜化学の四宮氏)ためである。

この塗布方法で強みを出すLEDメーカーが出てくる。シチズン電子はエポキシ樹脂に蛍光体を混ぜて塗布する。「極めて単純だが、配合比などを改良することで他の手法よりも外部発光効率が20%～30%高くなる」(シチズン電子の三浦氏)とする。

白色LEDを開発中のロームはGaN系

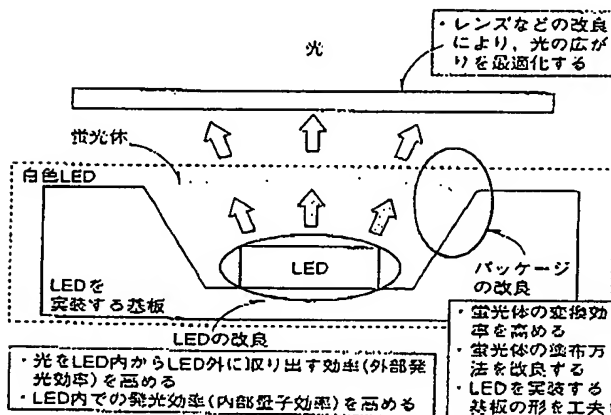


図5 光を無駄なく外部に取り出し、無駄なく色変換する。LEDの構造と光の伝播を示す図。LEDチップは基板に実装され、光はLED内部で発生し、パッケージの改良により外部へ効率よく取り出される。

注6) 日亜化学がライセンスを受ける特許技術は、青色LEDとYAG（イットリウム・アルミニウム・ガーネット）系の蛍光体、Eu（ユーロビウム）系の蛍光体を組み合わせた白色LEDに関するもの。Eu系の蛍光体は青色を赤色に変換する特性を備えるため、白色LEDの色再現性を高めるという。なお、この特許の出願者は特願2001-135110である。

注7) 蛍光灯は形状によって発光効率は大きく異なる。オフィスや学校などで使うことが多い10Wの蛍光灯は発光効率は100lm/Wと高い。一方、一般家庭の室内で使うことが多い20Wの蛍光灯では、発光効率は60lm/W程度。

## 1社独占が崩れ、競争時代に入った白色LED

LEDや蛍光体をともに他社から購入するものの「蛍光体の厚みや蛍光体の密度で白色LEDの外部発光効率は大きく違ってくる。白色LEDメーカーの実力は蛍光体の取り扱い方で決まってくる」(ローム オプティカルデバイス生産本部 副本部長の渡邉氏)とする。

## 照明市場へ 白色LEDの浸透が始まる

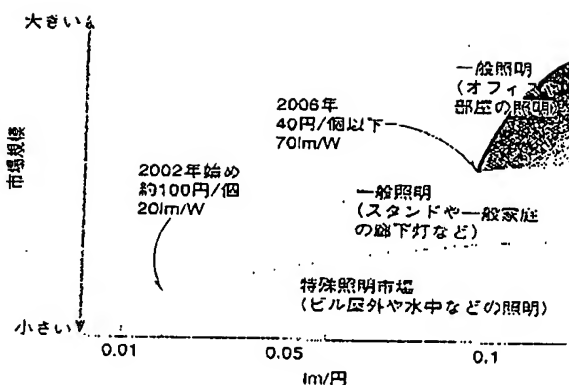
白色LEDにとって、最も巨大な市場に育つ可能性を秘めるのが照明市場である。パソコンなど、白色LEDの代替対象となる冷陰極管市場に比べ、照明市場の規模は1ケタ近く大きい。ここに入るかどうか、エレクトロニクスメーカーがバックライトなどに使う白色LEDの単価を大きく左右する。

照明機器メーカーは、この白色LEDに熱い視線を送っている。白熱灯や蛍光灯といった従来のガラス管を使った照明部品と比較して、白色LEDは2mm四方未満と小型なため照明機器の形に自由度が高いことや、蛍光灯に比べて10倍近く寿命が長いこと、そして堅牢なため衝撃があるような場所でも使える点など魅力が多いからだ<sup>(注9)</sup>。

## 2006年にも室内照明へ

既に照明機器メーカーは白色LEDを使った照明機器が市場で広まる条件の

図6 一般照明への本格進出は2006年～2007年ころから  
照明市場における白色LEDの普及は、目標とする明るさを得るのにかかるコストに依存する。つまり、単価当たりの白色LEDの明るさが重要なファクターとなる。2002年当初ではまだ0.01lm/Wで蛍光灯の1/500～1/50とかなり低い。ただし、白色LEDは寿命が蛍光灯の10倍近いことから、ビルの壁面などメンテナンス費用(人件費や手間、交換個数)が大きい用途では、既に利用が始まっている。発光効率は年々高まっていること、白色LEDの単価が年率20%程度で低下していることから、このままのペースで推移すると2006年～2007年にも室内照明用の機器で、蛍光灯と競合関係になると見られる。このときでも、白色LEDを搭載した照明機器の発光部は蛍光灯よりも1ケタ近く高いが、寿命を考慮すると価格差はほぼ消える。



目安を付けている。コストの観点から見ると「現時点で一般に出回る1個1lmの白色LEDを基にすると、単価が40円で一般家庭の屋外灯などでの需要が立ち上がり、20円で屋内の玄関や廊下の照明、10円で室内の照明で蛍光灯を凌駕する」(山田照明 技術部 統括の上田修氏)という。発光効率から見た場合は「60lm/W程度になれば急速に白色LEDを使った照明機器の需要が拡大する」(松下電工 照明分社 新事業推進部 部長の木村隆司氏)とみる。白色LEDの単価が年々下がっていることと「3年～4年たてば80lm/Wに到達するだろう」(台湾 Arima Optoelectronics Co., PresidentのP. J. Wang氏)ということから実現時期を推定すると、2006年～2007年に一般家庭のほとんどの照明機器に白色LEDの浸透が始まる。

品種を限れば、一般照明分野でも2002年春ころからいよいよ製品が登場する。確かに、白色LEDの単価はまだまだ高い。「家庭でよく使う40W白熱球相当の蛍光灯と比較しても部品コストは約45倍、長寿命を考慮しても8倍～9倍は割高」(三菱電機照明 器具技術部 照明開発課 課長の伴利生氏)。そこで、まず登場するのがスタンドである。松下電工は同年3月から同LEDを使ったスタンドを発売する。「100個未満であれば、値段と明るさに見合った用途がある」(同社 照明分社 照明戦略企画室 新事業企画グループ 課長の木村富夫氏)という。

照明市場は2006年ころにも大きく変わる(図6)。白色LEDの価格が年率20%で下がるだけでなく、発光効率も一挙に高まるからである。蛍光灯や白熱灯との1円当たりの明るさの差を埋め

注9) 白色LEDの発光効率をハイエンドの蛍光灯並みの100lm/Wにまで高めることは、一筋縄ではいかない。GaN系材料から他の材料に変更する必要があると考える技術者も多い。ただし、白色LEDの開発者であるUniversity of California Santa Barbara校のUCSB教授の中村悠二氏は、GaN系材料をあきらめてはいない。同氏が所長を務めるUCSB内の研究機関Solid State Lighting and Display Center (SSLDC)では発光効率200lm/W以上の白色発光素子を研究しており、GaN系材料を有力な候補の1つに挙げる。SSLDCでは、GaN系材料を使った面発光型半導体レーザー(VCSSEL)を開発するとして、VCSSELから発する光を波長変換する蛍光体と組み合わせた構成とする。SSLDCは日本の企業から得た寄付金で研究を進める。

最近では2002年2月にロームが40lm/Wで製品50万個を発売することを発表し、これ、日本では国家プロジェクト「21世紀のあかりプロジェクト」で、発光効率120lm/Wを2010年に達成するという目標とする白色発光素子の開発を進めている。同プロジェクトは新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が実施する。

注10) シナプス電子は「契約事項に日産化学の白色LEDを必ず使うという内容はない」というものの、日産化学製の白色LEDを採用する。日産化学以外の白色LEDを使うと、蛍光体を改良することになるからである。

注10) 白色LEDを搭載する機器が広がるにつれ、寿命について定義を明確にすべきという声が大きくなっている。LEDメーカー間で寿命の測定方法が統一されておらず、また測定方法が蛍光灯と異なるため、機器メーカーからLED間やLEDと蛍光灯の性能を比較しにくいことが理由という。

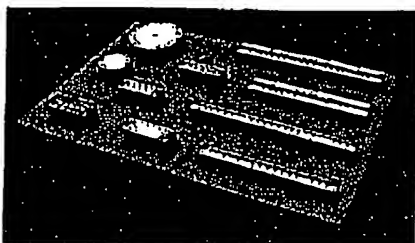


図7 蛍光灯にできない場合で競争に挑む白色LEDの実装寸法は蛍光灯や白熱灯と比較してはるかに小さい。このため、蛍光灯や白熱灯では設置困難なドア隙や壁際などに照明機器を設置できる。山田照明は、あらゆる形状の照明に対応するように、白色LEDを組み込んだ小型の照明部品をあらかじめ用意しておき、ユーザーの要求に応じて照明部品と建築材料を組み合わせている。松下電工もほぼ同様の小型照明部品を実用化する予定という。

ていくに従い、ジワリと採用機器が増えていくことだろう。

## 性能や価格だけではまだ不十分

ただし、白色LEDがこの市場で本格的に普及するためには、照明機器メーカーとLEDメーカーのそれぞれに克服すべき課題がある。照明機器メーカーの課題は機器を小さくする、あるいは照明方法を変えるなど、白色LEDの特徴を口に見える形で表すことである。「単なる蛍光灯の代替物ならば市場は大きくならない。現に、蛍光灯は白熱灯よりもコスト・パフォーマンスは上なのに、白熱灯はなくなっていない」（三菱電機照明の伴氏）。白色LEDの寿命まで

加味したコスト・パフォーマンスが蛍光灯並みになったからといって、積極的に蛍光灯を置き換えることにはならないとする。

差異化のために機器メーカーが着目する点が、白色LEDは小型であることと、指向性が高いということである。小型という点に関して、積極的に利用しようとする照明機器メーカーは多い。例えば、山田照明や松下電工は形に自由度を与えた照明機器を研究している。このため、あらゆる照明の形に対応できるように照明部品をそろえ、カスタム・メードに対応できるようにするという（図7）。山田照明は既に製品化しており、松下電工は2002年春にも製品を出荷するという。

指向性が高いという点については、スタンドやスポットライト、街路灯など特定箇所を照らす照明機器に生かそうという動きがある。指向性を利用すれば白色LEDの光を余すことなく利用でき、発光効率が蛍光灯よりも低い段階でも消費電力を低減できる。

この効果を有効に利用したのが、街路灯に応用したキシムラ インダストリーである<sup>1)</sup>。同社は発光効率15lm/Wと蛍光灯の1/4～1/7の白色LEDを使いながら、消費電力を1/3以下にした。同社は電源に太陽光発電装置を用いてお

り、消費電力を低減したことでバッテリーや太陽光発電装置を小さくできたため、機器のコストを半分に抑えたという。「太陽光発電を使った街路灯という分野では、白色LEDは蛍光灯を超えている」（同社 代表取締役 社長の岸村俊二氏）と主張する。

## 余りに大きな照明市場

LEDメーカーの課題は、量産規模を拡大することである。白色LEDの潜在市場は国内だけでも年間5000億個を超える。現状の性能では、LEDメーカーの製造規模とは3000倍に近い開きがある。60lm/Wになっても数百倍。蛍光灯に性能で追い付き、製品の差別化ができて、生産数量が普及のボトルネックになるとみる照明機器メーカーは多い（図8）。

問題解決のためにも、日亜化学に対してGaN系LED関連の特許をすべて開示してほしいと主張する声は、照明機器メーカーにも広まりつつある。「1社体制が2、3社体制になっても生産能力を100倍以上に高めるには無理がある。10社以上になってほしい」という意見は大きい。「照明市場に白色LEDの普及が始まり、どうしても供給が追い付かないとなれば、LEDメーカーに投資してでも白色LEDの大工場をつくらせる」と意気込む照明機器メーカーもあるくらいだ。（大久保 聡）

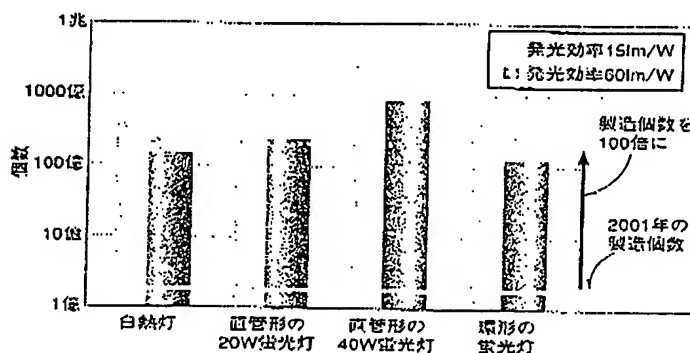


図8 100倍にしても生産能力が足りない国内の年間照明機器市場から白色LEDの潜在需要を照明機器の品別に予測し、白色LEDの生産規模と比較した。発光効率が15lm/Wから60lm/Wに高まって、潜在需要は市場が小さな照明機器の品種でさえ国内だけでも年間100億個を超える。2001年の白色LED生産個数は約2億個であり、生産規模を現在の100倍に高めても、これらの潜在需要を満たせない。

注1) キシムラ インダストリーは街路灯の照明を100倍に省エネするLEDと太陽光発電装置を組み合わせたLEDとを組み合わせた街路灯を開発中。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**